

Mestrado Integrado em Engenharia Química

Projeto de um Sistema de Monitorização Energética na empresa Lidergraf - Sustainable Printing

Tese de Mestrado

de

Ana Sofia Sousa Campos

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação

realizado em

Lidergraf - Sustainable Printing



Orientador na FEUP: Prof. Fernando Martins

Orientador na Lidergraf - Sustainable Printing: Eng.^a Andrea Carneiro



Departamento de Engenharia Química

Julho de 2014

Agradecimentos

É difícil resumir em poucas linhas o meu carinho a todas as pessoas que partilharam comigo um pouco de si. No entanto, gostaria de expressar a minha profunda gratidão a todos aqueles que me acompanharam neste percurso, com especial incidência às pessoas que contribuíram para a concretização de todos os objetivos propostos neste projeto, e que nele se envolveram e dedicaram.

À Galp pela oportunidade proporcionada, que me permitiu crescer profissional e pessoalmente e pelo financiamento disponibilizado ao longo do projeto.

Ao professor Fernando Martins por todo o apoio, orientação, conhecimentos transmitidos, pela paciência, pela dedicação e pela constante disponibilidade.

À Lidergraf - Sustainable Printing, como um todo, às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação, pelo acolhimento e pelas condições de trabalho. Em especial à Eng.^a Andrea Carneiro, a quem agradeço a paciência, apoio e disponibilidade para responder a todas as questões colocadas e experiência transmitida.

À Carla Rocha, Cláudia Ferreira e Argentina Gonçalves pela amizade e companheirismo, ao Eng.^o Hugo Matias por todo o apoio prestado em todas as fases do desenvolvimento deste projeto, ao César Correia e ao Miguel Viana pelo bom ambiente de trabalho proporcionado.

À equipa de manutenção da Lidergraf - Sustainable Printing, Sr. António Crespo, José Ferreira e Luís Barroso, a quem agradeço a ajuda e disponibilidade para responder a todas as questões colocadas, que desde o início se prontificaram a apresentar todo o processo, e recolha de dados necessários à concretização desde projeto.

A todos os meus amigos agradeço o incentivo, a amizade e ajuda a superar esta etapa. Não poderia deixar no entanto de destacar a Gisela Lima, por toda a motivação e encorajamento durante todo o percurso académico. Sem o seu apoio, paciência, amizade e espírito crítico seria muito mais difícil concluir esta etapa.

Aos meus pais e irmã que me apoiaram, ajudaram e incentivaram a ser sempre melhor. Agradeço-lhes profundamente todo o carinho e paciência.

Aos meus avós António e Albina. A eles dedico esta dissertação.

Resumo

O presente projeto surgiu como parte do programa de cooperação universitária Galp 20-20-20, promovido pela Galp Energia, que consiste numa parceria de três instituições nacionais: a Galp Energia (como gestor de cliente e promotor da iniciativa), a empresa cliente (Lidergraf - Sustainable Printing) e a respetiva universidade (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP).

O principal objetivo deste trabalho consiste na elaboração de um projeto de um sistema de monitorização energética na empresa Lidergraf - Sustainable Printing. O aumento dos custos relacionados com energia (nomeadamente gás natural e eletricidade) e a sustentabilidade económica estão interligados, pelo que este projeto surge como forma de dotar a empresa com uma estrutura física e tecnológica que contribua para a manutenção da sua competitividade e assente na perspetiva de melhoria contínua.

No sentido de alcançar os objetivos propostos, numa primeira fase, efetuou-se o levantamento detalhado dos processos industriais da empresa, dos principais consumidores de energia e da fatura energética. Esta tarefa permitiu definir as principais áreas de consumo energético, quer a nível de eletricidade, quer gás natural, com posterior definição dos pontos de monitorização. Com a definição dos diversos pontos de monitorização, procedeu-se à caracterização dos contadores e da estrutura auxiliar necessária à concretização do projeto.

Após análise de mercado, foram contactadas empresas e analisadas as respetivas propostas, identificando-se a que melhor correspondia às expectativas e requisitos estabelecidos pela Lidergraf - Sustainable Printing.

Palavras Chave (Tema):

Sistema de Monitorização Energética

Abstract

This project was developed as part of the program of university cooperation Galp 20-20-20, sponsored by Galp Energia, which consists of a partnership of three large national institutions: Galp Energy (as client manager and promoter of the initiative), the company (Lidergraf - Sustainable Printing) and the University (Faculty of Engineering, University of Porto - FEUP).

The main objective of this work is the development of an energy monitoring system. The increase in energy costs (including natural gas and electricity) and the economic sustainability are linked, by which this project appears as a way to provide the company with a physical and technological structure that contributes to the maintenance of its competitiveness and based on continuous improvement.

In order to achieve the proposed objectives, in a first phase, a detailed survey was performed concerning the company's industrial processes, the major consumers of energy and the energy bill. This task has allowed the definition of the main areas of energy consumption, either the level of electricity or natural gas, with further definition of monitoring points.

With the definition of monitoring points, the characterization of the counters and the additional infrastructure required was established. After analysis of the market, specialized companies were contacted, and the supplied company that better correspond to the expectations and requirements established by Lidergraf - Sustainable Printing was identified.

Keywords: Energy monitoring systems

Declaração

Declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

Sexta-feira, 4 de Julho de 2014

(Ana Sofia Sousa Campos)

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento e Apresentação do Projeto	1
1.2	Apresentação da Empresa: Lidergraf - Sustainable Printing	2
1.3	Contributos do Trabalho	3
1.4	Organização da Tese	3
2	Contexto e Estado da Arte	5
2.1	Monitorização em edifícios.....	5
2.2	Monitorização na indústria.....	6
2.2.1	Análise de Mercado - aplicação de sistemas na indústria.....	7
3	Descrição Técnica.....	9
3.1	Esquema processual da Lidergraf - Sustainable Printing	9
4	Situação Energética	12
•	Consumo de papel - 2013	14
•	Consumo de eletricidade - 2013	15
•	Consumo de gás natural - 2013	15
•	Distribuição energética quantitativa - 2013	16
•	Análise global	16
5	Caso de Estudo	18
5.1	Aplicação do sistema de monitorização na Lidergraf - Sustainable Printing.....	18
5.2	Considerações	19
5.3	Monitorização Energética.....	20
5.3.1	Definição de pontos de monitorização	21
•	Ar comprimido	22
•	Sistema de frio.....	22
•	Sistema de aspiração apara papel.....	22
5.3.2	Caracterização de pontos de medição	22

6	Análise de Propostas	34
7	Conclusões	37
7.1	Objetivos Realizados	37
7.2	Limitações e Trabalho Futuro	38
Anexo 1	Caracterização de pontos de monitorização para edifícios 1 e 2.....	41
Anexo 2	Edifício 1.....	43
Anexo 3	Edifício 2.....	44
Anexo 4	Ficha de caracterização de contadores de gás existentes	45
Anexo 5	Rede de gás natural.....	46

Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Localização das instalações.</i>	2
<i>Figura 2 - Exemplo de produtos.</i>	2
<i>Figura 3 - Fluxo típico na Lidergraf - Sustainable Printing.</i>	10
<i>Figura 4 - Desagregação dos consumos energéticos totais por centro de consumo.</i>	13
<i>Figura 5 - Distribuição dos consumos energéticos totais por secção.</i>	13
<i>Figura 6 - Perfil de papel transformado.</i>	14
<i>Figura 7 - Perfil de consumo de eletricidade.</i>	15
<i>Figura 8 - Perfil de consumo de gás natural (em condições PTN).</i>	16
<i>Figura 9 - Repartição quantitativa dos consumos energéticos.</i>	16
<i>Figura 10 - Estrutura de cabo blindado.</i>	19
<i>Figura 11 - Transformadores de intensidade em quadro Climaespaço Central de Trigeriação [Tecnoveritas].</i>	23
<i>Figura 12 - Disposição de disjuntores para equipamento.</i>	24
<i>Figura 13 - Distribuição esquemática da rede de gás natural na Lidergraf - Sustainable Printing.</i>	29
<i>Figura 14 - Contador de gás natural existente.</i>	31
<i>Figura 15 - Esquema exemplificativo de realização de bypass (na situação de estufa).</i>	32
<i>Figura 16 - Identificação de quadros elétricos associados aos pontos de monitorização no edifício 1.</i>	43
<i>Figura 17 - Identificação de quadros elétricos associados aos pontos de monitorização no edifício 2.</i>	44
<i>Figura 18 - Ficha técnica de contadores de gás natural existentes.</i>	45
<i>Figura 19 - Localização de pontos de monitorização de gás natural.</i>	46

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 - Análise de mercado.</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 2 - Evolução ao longo dos últimos 4 anos.</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 3 - Caracterização de pontos de leitura para EQACAB2.</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 4 - Caracterização de pontos de leitura para EQACAB4.</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 5 - Análise de potencial de poupança para equipamento EQACAB2.</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 6 - Análise de potencial de poupança para equipamento EQACAB4.</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 7 - Caracterização de pontos de monitorização de energia elétrica.</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 8 - Opções de monitorização de consumo de gás natural.</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 9 - Caracterização de pontos de monitorização de consumo de gás natural.</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 10 - Contadores existentes na empresa.</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 11 - Custo de contadores para monitorização de gás natural.</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 12 - Análise comparativa de propostas.</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 13 - Caracterização de pontos de monitorização.</i>	<i>41</i>

Notação e Glossário

Lista de siglas

ARCE - Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia

CIE - Consumidoras Intensivas de Energia

DN - Diâmetro Nominal

FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FSC - Forest Stewardship Council

PEFC - Program for the Endorsement of Forest Certifications

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

P.R.M. - Posto de Regulação e Medida

PREn - Planos de Racionalização dos Consumos de Energia

PSO - Processo *Offset* Normalizado

PTN - Condições de pressão e temperatura normais

Q.G.B.T. - Quadro Geral Baixa Tensão

SGCIE - Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia

tep - toneladas equivalentes de petróleo

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

No âmbito do protocolo Galp 20-20-20 foi proposto para a empresa Lidergraf - Sustainable Printing a realização de um projeto de um sistema de monitorização de consumos energéticos, nomeadamente eletricidade e gás natural.

O peso da fatura energética assume um papel relevante na organização, pelo que não pode ser descorada a sua otimização. Os objetivos pretendidos com a implementação deste sistema são:

- Disponibilizar uma infraestrutura física e tecnológica;
- Centralizar o armazenamento e visualização de dados;
- Identificar níveis de consumo energético padrão;
- Identificar desperdícios no consumo energético;
- Melhorar o controlo de energia e dos custos associados;
- Identificar os custos energéticos em cada fase produtiva;
- Identificar situações anómalas e necessidades de manutenção.

Após a análise do processo produtivo, foram avaliados os consumos energéticos e a sua evolução ao longo dos últimos 4 anos. A realização deste estudo permitiu obter uma noção mais concreta dos consumos energéticos da empresa.

O objetivo principal deste trabalho consiste na definição de pontos de monitorização, sua caracterização, limitações e requisitos a estabelecer para a efetiva concretização do projeto.

O trabalho dividiu-se nas seguintes tarefas:

Tarefa 1: Conhecimento dos processos industriais da Lidergraf - Sustainable Printing;

Tarefa 2: Análise dos consumos de energia e determinação dos principais consumidores;

Tarefa 3: Definição dos pontos de monitorização;

Tarefa 4: Caracterização dos medidores de energia;

Tarefa 5: Análise de mercado e envio de propostas;

Tarefa 6: Escolha da proposta.

1.2 Apresentação da Empresa: Lidergraf - Sustainable Printing

A Lidergraf - Sustainable Printing encontra-se sediada em Árvore - Vila do Conde, tendo sido fundada em 1994. A empresa tem como missão produzir soluções, serviços e produtos gráficos, adequados às necessidades de comunicação ou negócio dos clientes, satisfazendo ou excedendo as suas expectativas, a um preço justo. Além disso, pretende fazê-lo com responsabilidade social, ambiental e ética [1]. As principais atividades relacionam-se

com o fabrico e comercialização de artigos gráficos, sendo que a gama de produtos abrange a linha gráfica das empresas, folhetos publicitários, cartazes, catálogos e brochuras, desdobráveis, revistas, etiquetas e impressão digital. Opera em contínuo e possui 160 colaboradores.



Figura 1 - Localização das instalações.



Figura 2 - Exemplo de produtos.

O processo produtivo encontra-se suportado nos referenciais PSO (Processo *Offset* Normalizado) e ISO 12647. Através da PSO certifica-se o processo gráfico, desde a receção de dados até ao produto impresso [2]. Por sua vez, a ISO 12647 serve de suporte à conformidade do processo, pois permite estabelecer parâmetros básicos que condicionam as características visuais de

impressão e respetiva faixa de tolerâncias, de forma a garantir uma adequada separação das cores CMYK (Cyan Magenta Yellow Black), uma correspondência entre prova de cor e impressão e uma correta comunicação de cor entre cada uma das fases do processo produtivo [3].

Além disso, a empresa encontra-se certificada pelas normas ISO 9001:2008 - Sistemas de Gestão da Qualidade e ISO 14001:2008 - Sistemas de Gestão Ambiental e alinhada pelas orientações da ISO 9004:2009 - Gestão para o sucesso sustentado de uma organização. A preocupação com a sustentabilidade está presente na cultura da empresa e em 2008 obteve a certificação de cadeia de responsabilidade de acordo com dois referenciais de certificação florestal: Forest Stewardship Council (FSC) e o Program for the Endorsement of Forest Certifications (PEFC), sendo a primeira gráfica em Portugal com certificação segundo as

normas FSC e PEFC [1], as duas mais importantes certificações internacionais de gestão florestal sustentável.

Tendo como referência a área de impressão de um caderno de 16 páginas A4 (1 Cad16 pagA4 = 0,5 m²), em termos produtivos, no ano de 2013, o valor de papel transformado foi de 457951636 Cadernos de 16 páginas A4, que se traduziu num valor acrescentado bruto (VAB) aproximado de 6,2 M€ [4].

A empresa utiliza como principais fontes de energia eletricidade e gás natural e os encargos energéticos totalizaram 747384 €, sendo que 544735 € correspondem a gastos relativos a eletricidade e 157767 € a consumo de gás natural. O valor restante corresponde a custos associados a combustível (gasolina e gasóleo) [5].

1.3 Contributos do Trabalho

Com a concretização deste trabalho pretende-se que sejam conhecidos os consumos efetivos de energia no processo de produção dos vários produtos na Lidergraf - Sustainable Printing e que a implementação permita identificar mais detalhadamente os custos de energia associados à operação. Além disso, torna-se uma ferramenta bastante útil à equipa de manutenção, uma vez que poderá tornar mais célere a identificação de situações anómalas.

A implementação destes sistemas contribui para um conhecimento mais aprofundado da situação energética da empresa e a possibilidade de uma melhor definição de oportunidades de melhoria, com conseqüente impacto ambiental, no que se relaciona com a diminuição da quantidade de CO₂ libertada.

1.4 Organização da Tese

No Capítulo 1 - Introdução faz-se uma breve apresentação da empresa Lidergraf - Sustainable Printing, empresa na qual o projeto foi desenvolvido e apresentam-se os objetivos propostos para o projeto.

No Capítulo 2 - Estado de Arte desenvolve-se o enquadramento geral dos sistemas de monitorização. Além disso, apresenta-se o resultado de uma análise de mercado relativo às empresas que fazem implementação deste tipo de sistemas, e em alguns casos em concreto, o impacto da implementação.

No Capítulo 3 - Descrição Técnica descreve-se o contexto da implementação do sistema de monitorização de consumos energéticos com destaque para o processo produtivo.

No Capítulo 4 - Situação Energética realiza-se uma contextualização e análise da evolução dos consumos energéticos nos últimos 4 anos, com especial incidência no ano de 2013.

No Capítulo 5 - Caso de Estudo faz-se a descrição dos requisitos e limitações à implementação de um sistema de monitorização energética na Lidergraf - Sustainable Printing e as caracterizações necessárias efetuadas para a implementação de um sistema de monitorização.

No Capítulo 6 - Análise de Propostas efetua-se a comparação das propostas obtidas e a seleção da que se adequa aos requisitos estabelecidos.

No Capítulo 7 - Conclusões referem-se as conclusões do trabalho desenvolvido, assim como as dificuldades encontradas e enumeram-se algumas propostas para trabalho futuro.

2 Contexto e Estado da Arte

Se não for efetuada uma medição regular e rigorosa da utilização dos consumos energéticos, como estão a ser utilizados e a que nível, não é possível a sua otimização, uma vez que, segundo Peter Drucker, “não se pode gerir aquilo que não se pode medir” [6].

A medição é o primeiro passo, essencial para evitar o desperdício energético e para promover a alteração de hábitos e comportamentos. Consequentemente surgiu um crescente interesse na monitorização do consumo energético, dando origem a uma nova gama de produtos de monitorização. Estes sistemas permitem detetar alterações no comportamento do consumo ou desvios relativamente a padrões típicos, e são utilizados como ferramenta de alerta para gestores de energia, para deteção de consumos e quantificação de poupanças. Neste contexto é possível assegurar uma maior racionalidade na utilização da energia, reduzindo-se custos e, consequentemente, trazendo vantagens ao nível de competitividade das empresas no mercado atual [7].

O consumo energético é variável consoante o setor de atividade, no entanto é perentória a necessidade de reduzir a energia desperdiçada diariamente, fazendo mais com menos recursos energéticos, assumindo uma gestão inteligente da energia.

2.1 Monitorização em edifícios

Nos últimos anos assistiu-se a um aumento dos sistemas de automação ligados aos sistemas energéticos em edifícios e serviços, como resultado da sensibilização para os evidentes e substanciais benefícios que este tipo de sistemas pode trazer.

Prevê-se a continuação de procura de energia como resultado do aumento expectável da população, da crescente procura de serviços em edifícios, e da exigência dos níveis de conforto. Face a estas considerações, a eficiência energética em edifícios torna-se num objetivo primário em políticas de energia nacionais e internacionais [8].

Destacam-se como principais vantagens da implementação de um sistema de monitorização de energia [9]:

- **Análise de consumo de energia por centro de custo** - permite quantificar o uso de energia de um sector e imputação dos respetivos custos;
- **Deteção de anomalias nos consumos** - eliminar ou minimizar as situações de gastos excessivos de energia por avaria, falha, desconhecimento ou má utilização dos recursos;

- **Aquisição e análise de dados** - a análise dos dados recolhidos permite identificar zonas de potenciais poupanças;
- **Histórico de dados** - a constituição de uma base de dados de consumos de energia permite realizar um planeamento de intervenções, otimizando a utilização de recursos existentes e reduzindo consumos e respetivos custos de energia;
- **Benchmarking** - a comparação de consumos, custos e resultados com outros edifícios semelhantes permite identificar rapidamente as boas práticas que se podem adotar.

Os sistemas de gestão de energia têm sido direcionados para escritórios, aeroportos, edifícios, bancos, no entanto tem vindo a ser aplicados e a ganhar maior relevância nas mais variadas indústrias.

2.2 Monitorização na indústria

A complexidade estrutural, tecnológica, técnica e cultural de uma indústria exige a utilização intensiva de energia. O mercado industrial posiciona-se entre os mais competitivos, com consumos mais intensivos e custos mais elevados. Toda a produção passa por um conjunto de processos que envolvem um consumo energético permanente por parte dos sistemas e equipamentos [10]. As empresas reconhecem cada vez mais a importância de gerir a energia e o custo a ela associada, sofrendo uma pressão constante com vista ao aumento de produtividade e diminuição do custo associado à unidade produzida.

Adotar medidas de eficiência no consumo de energia é a chave na vanguarda do desenvolvimento do setor industrial. O setor industrial é responsável por cerca de 1/3 do consumo mundial de energia e 36% das emissões de CO₂ e dependendo do tipo de indústria, o seu consumo energético pode chegar a 60% dos custos totais de uma empresa [9]. Atualmente, o consumo energético pode ser otimizado de forma a diminuir de forma significativa perdas financeiras e de recursos, sendo que efetuado de forma adequada pode reduzir o consumo entre 10 a 20% numa instalação média [11].

Na gestão de recursos, o mais importante passa sempre pela eficiência dos processos produtivos ou pela qualidade produtiva, sendo erradamente deixado para segundo plano a otimização da utilização energética [12].

A introdução de sistemas de monitorização de energia tem sido um método comum de resposta a estes desafios, consequência de uma maior consciência de que a eficiência energética está bastante associada à monitorização. Esta permite uma análise atenta e minuciosa em tempo real dos equipamentos, sendo possível identificar oportunidades de redução de custos ou situações de desperdício que de outra forma seriam difíceis e que

poderiam acontecer diariamente sem que houvesse consciência de tal, e aperfeiçoar ou até corrigir processos que, por algum motivo, necessitavam de racionalização.

O conhecimento detalhado da informação energética por equipamento e secção possibilita ainda colecionar e analisar dados, visualizar dados em tempo real e efetuar correlações unidade produzida vs energia necessária. Os dados devem ser tão perceptíveis quanto possível e desagregados de forma a permitir ações corretivas específicas e eficazes. Este tipo de ferramenta permitirá uma análise e melhoria fundamentada dos consumos energéticos da empresa, permitindo desta forma reduzir despesas energéticas e melhorar a sua competitividade.

2.2.1 Análise de Mercado - aplicação de sistemas na indústria

Existem inúmeras aplicações informáticas e sistemas de gestão energética que diferem muito entre si nas mais diversas variáveis, tornando difícil a tarefa de selecionar qual a que mais se adequa à unidade empresarial. Tipicamente cada instalação industrial dispõe de múltiplas oportunidades de melhoria decorrentes da adoção quer a nível de eficiência operacional, eficiência energética e controlo de poluição e requerem a recolha e tratamento de cada vez mais informação e, portanto, a instalação e a monitorização de cada vez mais sensores [13]. Em algumas indústrias mais complexas torna-se quase impraticável a implementação de um sistema de monitorização, devido à passagem de inúmeros cabos e de impossibilidade de acesso a locais de contagem (neste aspeto, deve ser efetuado um estudo cuidadoso dos locais a medir, já que grande parte dos sistemas permitem utilizar contadores virtuais, ou seja, contadores que são a soma ou a subtração de outros, permitindo assim não utilizar tantos contadores como seria necessário à partida). Numa primeira abordagem, é importante definir se o tipo de sistema pretendido é *wireless* ou não-*wireless*. Os sistemas *wireless* surgem como resposta a estes desafios, pois permitem uma plataforma mais modular, no entanto, a generalidade dos ambientes industriais é bastante agressiva, nomeadamente nas vertentes de ruído, vibração e poeiras, e através do contacto com algumas empresas é possível aferir que estas variáveis poderão interferir no sinal a ser transmitido, não garantindo assim a capacidade e fiabilidade do sistema. É um mercado mais reduzido relativamente aos mercados não-*wireless*, mas uma vertente em franco desenvolvimento, dada a exigência cada vez maior das indústrias [14, 15].

Outra situação de diferenciação e questionável prende-se com o facto de permitirem apenas monitorização de consumos energéticos (a generalidade dos sistemas) ou permitirem atuar ou fazer controlo sobre determinada variável nos quais além de monitorizar atuam sobre as cargas, ou seja, o próprio sistema pode atuar sobre determinado circuito, permitindo desta forma controlar a operação de equipamentos (controlo de ligar/ desligar, parametrização

Projeto de um Sistema de Monitorização Energética na empresa Lidergraf – Sustainable Printing de horários de funcionamento, definição de temperatura de referência), permitindo poupar custos ao nível de deslocações e manutenção [13, 14].

Tendo em conta as variáveis acima definidas, foi realizado um estudo de mercado relativo às potencialidades do sistema (*wireless* ou não-*wireless*, monitorização ou monitorização e controlo associado) e da área de atuação/carteira de clientes (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise de mercado.

Empresa	<i>wireless</i>	Possibilidade de controlo	Carteira de clientes (exemplos)	Impacto na organização (exemplos)
Sistrade	Não	Não	Indústria têxtil, cosméticos, higiene pessoal, e produtos de saúde	Deteção de equipamentos com funcionamento anómalo
ISA - Intelligent Sensing Anywhere	Sim	Sim	Indústria de pós-alimentares	Sem registo
Smartwatt	Não	Não	Indústria têxtil, gráfica, cereais, automóvel e alimentar	Deteção de situações anómalas
ViGIE SOLUTIONS	Sim	Não	Indústria de moldes, farmacêutica e alimentar	Aferição de custos de fabrico mais concretos
Selmatron	Não	Não	Indústria alimentar	Sem registo
Tecnoveritas	Sim	Sim	Indústria de fabrico de detergentes	Economias globais na ordem dos 5% a 15%
Bresimar	Não	Não	Indústria têxtil	Sem registo
Infocontrol	Sim	Sim	Indústria de antenas parabólicas	Sem registo
JANZ	Não	Não	Indústria de montagem e incorporação de componentes em veículos	Sem registo

A implementação de sistemas de monitorização na indústria é uma situação relativamente recente, que após implementação, e que exige bastante tempo para validação de dados e recorrentemente bastantes ajustes, pelo que em alguns casos à não existência de dados concretos do impacto do sistema na organização. Após a implementação da solução, é necessário um controlo rigoroso, contínuo e correto das suas condições de operação e de manutenção essencial para garantir a sua fiabilidade.

3 Descrição Técnica

A implementação de sistemas de monitorização energética tem vindo a ganhar sistematicamente maior relevância. Relativamente à indústria gráfica e com base na análise de mercado constatou-se que haveria registo de uma empresa em território nacional que tenha implementado um sistema de monitorização de consumos energéticos. Através de visita às instalações e testemunho de colaboradores verificou-se que alguns meses após instalação do sistema, só recentemente validou os dados, uma vez que foram necessários alguns ajustes à implementação inicial do sistema.

A sistemática inovação e melhoria contínua é um dos objetivos principais da Lidergraf - Sustainable Printing. A sua preocupação na redução dos custos energéticos e otimização dos processos, mantendo a competitividade no mercado, cumprindo com as exigências impostas pelo Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) foi um dos motivos impulsionadores deste projeto. Nos últimos 2 anos já havia sido estudada a possibilidade de implementação de um sistema de monitorização de consumos energéticos. Através do contacto com algumas empresas foram obtidas propostas que apresentavam custos bastante diferentes, que não permitiram consolidar o projeto, uma vez que não foi encontrado nenhum que fosse ao encontro dos requisitos indicados pela empresa, tendo surgido assim em 2014 esta parceria para redefinição do projeto.

3.1 Esquema processual da Lidergraf - Sustainable Printing

A caracterização e otimização de sistemas produtivos assumem-se cada vez mais como estudos necessários para a eficiência económica das empresas e por consequência, constitui a base da sua competitividade num mercado cada vez mais exigente como é a indústria gráfica. Normalmente faz-se referência ao processo produtivo numa indústria de artes gráficas como um conjunto de três fases (pré-impressão, impressão e acabamentos), sendo que a impressão é a que toma maior destaque. Na Figura 3 encontra-se esquematizado as atividades a realizar e a ordem até atingir um trabalho final.

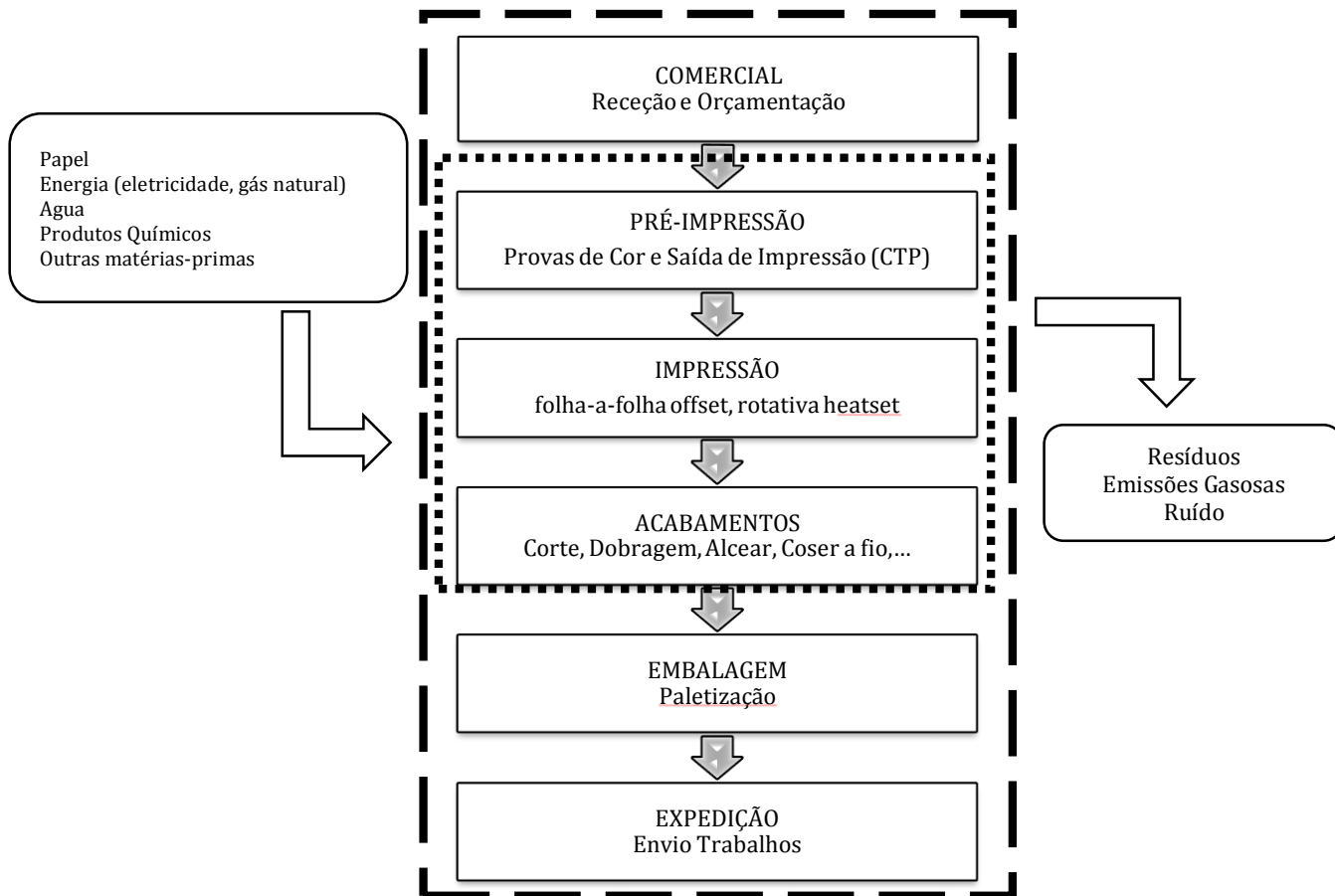


Figura 3 - Fluxo típico na Lidergraf - Sustainable Printing.

As áreas produtivas são as que apresentam um maior consumo energético e impacto ambiental, sendo resumidamente apresentadas de seguida:

- **Pré - impressão**

O processo produtivo propriamente dito tem início nesta fase que antecede a impressão e consiste na transferência de textos e imagens para a chapa de impressão, diretamente de um computador. No processo CTP (*Computer To Plate*), a transferência dos textos e imagem para a chapa realiza-se por via digital, sem qualquer outra operação intermédia, obtendo-se ganhos em qualidade, tempo de execução e em custos.

- **Impressão**

A impressão é considerada a fase mais importante do processo produtivo, na qual se transfere a imagem da chapa para o papel. Na empresa existem várias possibilidades de impressão, desde impressão folha-a-folha *offset*, a impressão rotativa *heatset*, assim como impressão formulário e flexográfica. De entre as diferentes possibilidades de impressão existentes, para a implementação do projeto, foram consideradas as duas áreas mais

significativas (com maior consumo energético): impressão folha-a-folha *offset* e impressão rotativa *heatset* (conforme verificado na Capítulo 4 - Situação Energética).

- **folha-a-folha *offset***

Utilizando a técnica de secagem a frio, as tintas *offset* tem uma base composta por óleos vegetais, maioritariamente isentas de solvente, sendo o processo de secagem efetuado por oxidação. Além disso, em alguns equipamentos, é efetuada uma aplicação final de verniz de base aquosa, funcionando como barreira protetora da área impressa, para que na fase de acabamento, a impressão não fique comprometida.

- **rotativa *heatset***

Centrada em 2 máquinas comerciais de 16 e 48 páginas, a Lidergraf - Sustainable Printing está equipada para dar resposta às necessidades dos clientes que são utilizadores intensivos de publicidade. Neste processo, a máquina é alimentada com uma bobina de papel, ocorrendo posteriormente secagem a quente, uma vez que as tintas tem solventes na sua composição. A Lidergraf - Sustainable Printing possui um sistema designado “*afterburning*”, que consiste num incinerador dos solventes evaporados com eficiência de 99,8%, que utiliza o potencial térmico dos solventes, diminuindo o consumo de gás natural [1].

- **Acabamentos**

A área de acabamentos é responsável pelas atividades finais sobre os trabalhos impressos, de forma que possam ser entregues aos clientes com as especificações por eles determinadas. Na Lidergraf - Sustainable Printing, a área de acabamentos encontra-se mecanizada em aproximadamente 90%, na qual se inclui operações com corte, dobragem, alcear, coser a fio, aplicação de agramos, guilhotinas, etc. [1].

Muito dependente do produto final com as exigências pretendidas pelo cliente, existe uma diversidade enorme de papel de características diferentes, aos quais podem ter os mais diversos acabamentos. Desta forma, não é possível estipular uma sequência de operações a realizar, uma vez que estas são determinadas em função das especificações do cliente.

Com a estrutura atual, não existe um processo expedito de determinar consumos diferenciados em função dos diferentes artigos produzidos - a sequência de operações não é padronizada. Estes consumos são dependentes da sequência de operações realizada, bem como de parâmetros variáveis em cada uma das referidas operações (por ex.: velocidade), que podem ser consideravelmente diferentes em função do artigo produzido [16].

4 Situação Energética

O SGCIE tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE) e encontra-se regulado pelo Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de Abril de 2008. É uma das medidas previstas no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) direcionada para a promoção da eficiência energética na área da indústria [17].

O SGCIE aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia com consumo anual igual ou superior a 500 tep (toneladas equivalentes de petróleo). As instalações CIE, com um consumo anual igual ou superior a 1000 tep, como é o caso da Lidergraf - Sustainable Printing, ficam obrigadas à realização de auditorias energéticas de 6 em 6 anos e têm como meta a redução de 6% de intensidade energética e consumo específico de energia e a manutenção da intensidade carbónica [17].

Para o efeito, estabelece que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética. Prevê, ainda, a elaboração e a respetiva execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), estabelecendo Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE), que devem considerar a implementação nos três primeiros anos das medidas identificadas com um período de retorno de investimento inferior ou igual a cinco anos, no caso de instalações com consumo igual ou superior a 1000 tep/ano [17].

O ano de referência para os cálculos será sempre o ano civil anterior à data da auditoria energética. Uma vez estabelecido o consumo energético de referência e identificadas as causas do consumo excessivo de energia, são fixados os objetivos de redução do consumo para o futuro, a quantificação da redução possível de consumo no processo e o intervalo de tempo em que se prevê que seja possível obter essas reduções.

No ano de 2011 foi realizada uma auditoria na Lidergraf - Sustainable Printing na qual se constatou-se um consumo de 1785 tep relativo ao ano de 2010 (ano de referência) [18]. O levantamento energético pode interpretar-se como a primeira radiografia ao desempenho energético da unidade fabril. Através dele, avalia-se a quantidade de energia consumida e de que forma é utilizada, estabelecendo-se os principais fluxos e identificam-se os setores ou equipamentos em que é prioritário atuar [19].

A instalação utiliza no seu processo produtivo duas fontes de energia:

- **Eletricidade** - acionamento de motores elétricos, na produção de ar comprimido para distribuição pelas máquinas, em climatização e em iluminação;

- **Gás natural** - estufas das rotativas *heatset* e caldeiras.

Para além das duas fontes energéticas descritas anteriormente, existe também na instalação consumo de gasóleo e gasolina associado à frota automóvel. No entanto, como não está diretamente associada ao processo produtivo, a sua análise e monitorização não é contemplada no presente projeto.

Da auditoria de 2010, a desagregação dos consumos pelas várias secções da empresa (Figura 4) permite determinar qual o centro de consumo mais significativo e que esta não se encontra distribuída de forma homogénea em todos os sectores. Desta análise resultou que a força motriz era a que necessitava de maiores necessidades energéticas, sendo responsável por mais de 50% do consumo de eletricidade e gás natural [18]. Desta forma, o projeto irá incidir nesta área e nos seus equipamentos complementares, destacando que as utilidades (sendo apenas ar comprimido) assumem também especial destaque na empresa.

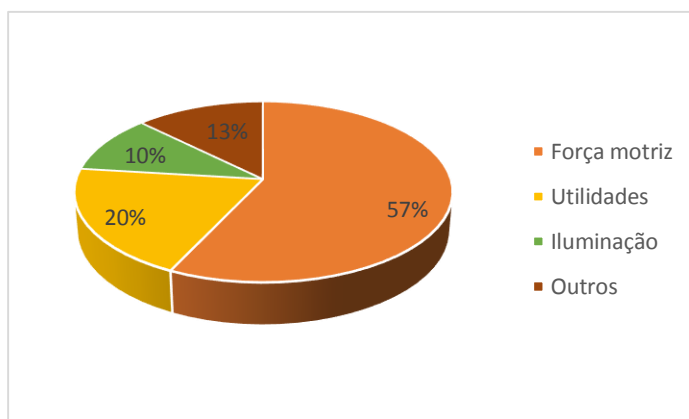


Figura 4 - Desagregação dos consumos energéticos totais por centro de consumo.

Analisando numa vertente de secção (Figura 5), o maior consumo energético incide essencialmente sobre a área impressão (rotativa *heatset* e folha-a-folha *offset*) e acabamentos [18]. A área de impressão formulários foi desativada no início do ano de 2014.

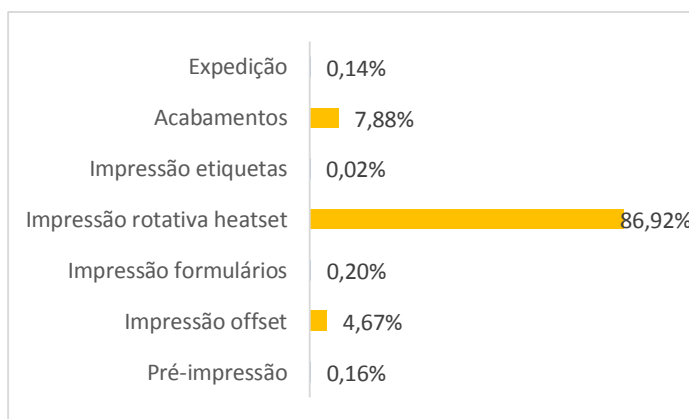


Figura 5 - Distribuição dos consumos energéticos totais por secção.

Com a realização da auditoria, foram definidas medidas de racionalização energética. Nos anos de 2011 a 2013 foram implementadas algumas medidas que permitiram uma utilização mais racional da energia elétrica [4], entre as quais:

- Substituição das campânulas de iodetos metálicos por lâmpadas; fluorescentes tubulares T5 e seccionamento de iluminação;
- Instalação de variadores de frequência;
- Alteração de temperatura de referência do sistema de frio;
- Desativação do recuperador de calor associado ao sistema de frio, uma vez que estava a introduzir frio ao sistema AVAC, aumentando o numero de horas de funcionamento da caldeira (houve assim uma redução do consumo de gás natural associado às caldeiras de 25% para 2,5%);
- Alteração da alimentação do ar comprimido em alguns equipamentos (introdução de automatismos de corte de ar, aquando a desativação dos equipamentos).

• Consumo de papel - 2013

É utilizado como indicador de volume de produção a área relativa a papel transformado, uma vez que podem haver flutuações provocadas pelas características do papel, nomeadamente a sua gramagem (a tendência é usar papel de menor gramagem), que não representem variações do volume de produção. De forma a minimizar este erro, não é utilizada a medida em peso (toneladas), mas uma aproximação mais correta pela área de papel transformado (m^2) como indicador da capacidade de a produção, permitindo assim uma avaliação mais realista.

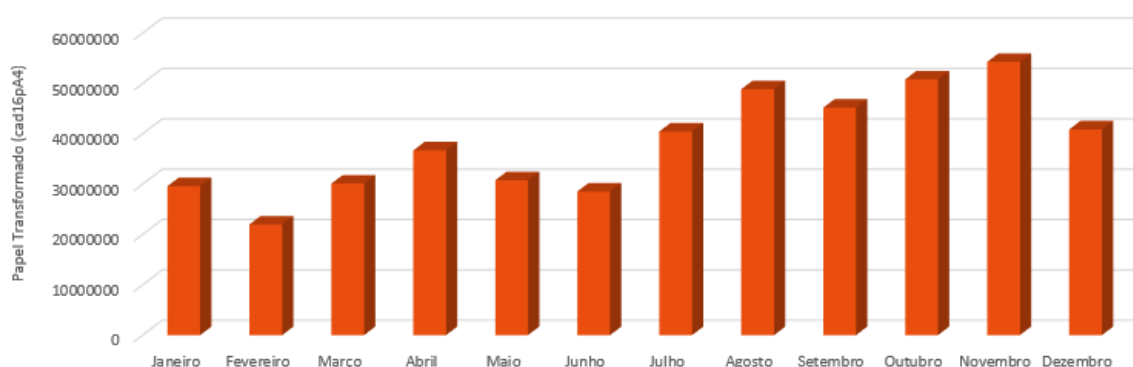


Figura 6 - Perfil de papel transformado.

Analisando o perfil anual, existem 3 “picos” acentuados que se referem ao período Pascoa, início do ano letivo e Natal, que correspondem a alturas de produção mais elevadas.

- **Consumo de eletricidade - 2013**

A maior parte dos dispositivos mecânicos utilizados na indústria são movidos por motores elétricos que são as cargas mais importantes do ponto de vista de consumo de eletricidade.

O perfil anual apresentado na Figura 7 teve como base as faturas de energia do fornecedor de energia durante este espaço de tempo.

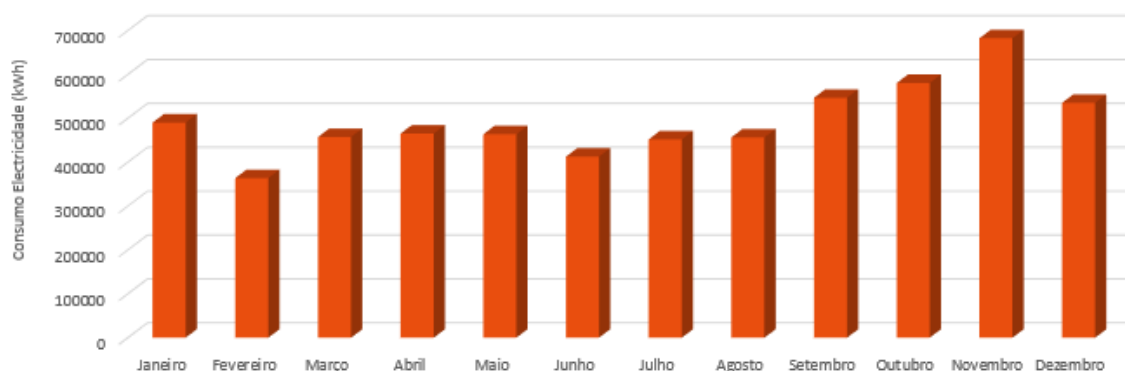


Figura 7 - Perfil de consumo de eletricidade.

O período de laboração é de 7 dias por semana, com 3 turnos nos setores produtivos (totalizando 24 h por dia em funcionamento) e relativamente à energia elétrica, difíceis de deslocar para períodos em que sejam menos dispendiosos. No entanto, a medida é aplicada sempre que possível dando preferência ao funcionamento dos grandes consumidores de energia em períodos de vazio ou super-vazio.

- **Consumo de gás natural - 2013**

O gás natural fornecido à Lidergraf - Sustainable Printing é consumido em duas caldeiras para aquecimento de águas quentes sanitárias e climatização e nas estufas das rotativas *heatset*. A sua contabilização a nível interno é realizada por leitura manual nos contadores das estufas dos equipamentos e no P.R.M. (Posto de Regulação e Medida), e confirmado pelas faturas de energia emitida pelo fornecedor de energia. A não existência de contadores associados às caldeiras em cada um dos equipamentos pressupõe que o valor de gás natural consumido por estas resulte da diferença entre o valor lido pelo P.R.M. e os valores registados nos contadores de gás natural associados a cada uma das estufas.



Figura 8 - Perfil de consumo de gás natural (em condições PTN).

Os principais equipamentos responsáveis pela quase totalidade do consumo de gás natural são as estufas das rotativas *heatset*. Com a implementação do sistema, espera-se que seja possível fazer a avaliação sobre a situação mais vantajosa relativamente a manter um equipamento em *stand-by* ou ligar com alguma antecedência, uma vez que se verifica que em ambas as estufas o valor médio de consumo em *stand-by* é de 18 m³N/h.

- Distribuição energética quantitativa - 2013**

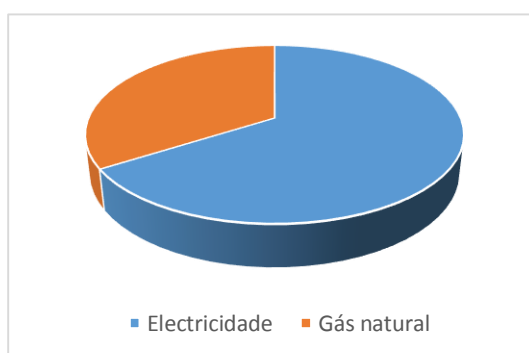


Figura 9 - Repartição quantitativa dos consumos energéticos.

Numa perspetiva de distribuição dos consumos energéticos a nível quantitativo, a eletricidade é a componente mais representativa do consumo energético da Lidergraf - Sustainable Printing, responsável por aproximadamente 66% (em kJ) do total dos consumos energéticos. Numa perspetiva qualitativa (em tep), a eletricidade assume igualmente um peso considerável (83%) em relação ao gás natural (17%).

- Análise global**

A Tabela 2 apresenta os dados relativos à evolução nos últimos 4 anos. Os indicadores foram obtidos a partir da compilação de dados de produção e do consumo de energia. Para possibilitar a comparação entre os valores atuais e os valores de referência foram igualmente apresentados os resultados desde o ano 2010 (ano de referência).

Tabela 2 - Evolução ao longo dos últimos 4 anos.

	2010	2011	2012	2013
Consumo eletricidade (kWh)	6768008	6148984	6306234	5906610
Consumo gás natural (m³N)	301740	272074	267695	288954
Consumo total (tep)	1728	1568	1598	1531
Papel transformado (t)	15682	13882	15201	15274
Papel transformado (cad16pA4)	459688158	405549312	458517468	457951636
Consumo específico (kgep x 1000/cad16pA4)	4,12	4,89	3,41	3,35

Verifica-se que após o ano de 2011 ocorreu uma diminuição no consumo específico sendo que para esta situação, as medidas implementadas tiveram um contributo bastante significativo.

5 Caso de Estudo

Uma política energética definida e implementada centralmente é fundamental para que o setor industrial identifique as áreas e equipamentos onde o consumo energético é intensivo e é uma mais-valia para o alcance contínuo da eficiência energética na organização. Espera-se que com a implementação do sistema seja possível ao utilizador monitorizar remotamente os principais equipamentos existentes e estruturas complementares (sistema de aspiração, compressores e sistema de frio), mantendo sob observação o padrão de consumos de energia por análise das variáveis de processo e obter informação capaz de satisfazer os itens específicos previstos no processo de acompanhamento e implementação de eficiência energética. Torna-se ainda uma ferramenta fundamental a nível de manutenção preventiva, pois permite identificar desvios aos padrões normais de consumo, despistar eventuais anomalias e intervir sobre as suas causas. Após implementação de medidas de eficiência energética, permite acompanhar o perfil energético com base em objetivos de redução definidos [20].

5.1 Aplicação do sistema de monitorização na Lidergraf - Sustainable Printing

A implementação de um sistema de monitorização na Lidergraf - Sustainable Printing divide-se em várias etapas. Numa primeira fase avalia-se a estrutura física existente, realiza-se a sua caracterização, hipóteses de monitorização e definição de plataforma base de equipamento necessário à monitorização dos diferentes parâmetros. Numa segunda fase, é elaborado um caderno de encargos que servirá de suporte à concretização do projeto e é enviado às empresas selecionadas. Por fim, são analisadas as diferentes propostas para decisão sobre qual a que se adequa à realidade da organização e vai de encontro ao pretendido.

Após estudo de mercado de sistemas implementados e as respetivas indústrias considerou-se a implementação de um sistema não-*wireless*, tendo como critério principal o facto de apresentar maior fiabilidade nos sinais a transmitir. No caso da Lidergraf - Sustainable Printing, apenas se pretende um sistema de monitorização e não controlo associado, sendo os equipamentos de monitorização passivos, que se limitam a monitorizar os consumos e não a alterar os mesmos restringindo a alteração unicamente ao utilizador.

Pretende-se um sistema sem aluguer ou mensalidade (projeto chave-na-mão), sendo este um fator preferencial. A empresa possui uma rede de comunicação, do tipo Ethernet, que

deverá ser interligada através das *switch's* industriais, que se comportará como um interface entre os pontos de monitorização/concentradores e a máquina de monitorização.

Perante a análise realizada e os diversos cenários possíveis, efetuou-se um estudo detalhado sobre as soluções que seriam adequadas e se seriam possíveis ou não de implementar, atendendo a que a implementação do sistema não influenciasse o normal funcionamento da unidade fabril, com consequente alteração da qualidade do produto. Nesta fase procedeu-se à caracterização da estrutura física existente e necessária a implementar para a concretização do projeto.

5.2 Considerações

Poderão ocorrer diversas situações que limitam o desenvolvimento/implementação do sistema, e para uma correta adequação é necessário ter em conta uma série de requisitos para uma aplicabilidade mais eficaz do sistema.

Descrevem-se nesta secção algumas características que foram consideradas para implementação viável da proposta.

- **Cablagem**

As cablagens da rede de comunicação estarão alojadas em caminhos de cabos existentes para transporte de cabos de alimentação a máquinas. A proximidade de cabos de rede e cabos elétricos faz com que os dados possam sofrer interferências com a consequente lentidão de aquisição de dados e até queda de ligação. Assim poderá haver uma diminuição ou perda da integridade do sistema que possa interferir na comunicação/transmissão de sinal. Para evitar ruído eletromagnético, o cabo de rede deverá ser trançado, criando à sua volta um campo eletromagnético que reduz a possibilidade de interferência de sinais externos. A blindagem apropriada do cabo, apesar de ser uma solução mais cara, resolve a situação de interferências, uma vez que possui uma malha interna que envolve um ou vários fios, que impede a entrada de interferências nos fios internos [21].



Figura 10 - Estrutura de cabo blindado.

- **Base de dados**

A base de dados é uma parte importante no sistema de monitorização, uma vez que é nesta que é armazenada a informação recolhida pelos contadores instalados. Os dados de produção da Lidergraf - Sustainable Printing, obtidos a partir de sensores alocados nos equipamentos que permitem a contabilização da quantidade de unidades produzidas, são recolhidos de 10 em 10 segundos e são arquivados em bases de dados com estrutura Microsoft SQL. A linguagem *SQL (Structured Query Language)*, usada para manipular bases de dados deverá ser a aplicação informática de criação e gestão de bases de dados na instalação. Torna-se assim um requisito primordial que a solução de monitorização de consumos energéticos deva operar considerando a integração com base de dados com estrutura Microsoft SQL. Numa fase posterior estudar-se-á a possibilidade de desenvolver uma plataforma que permita correlacionar os diversos dados, e ajustá-los com os valores de produção, podendo fornecer ao cliente um valor mais fidedigno do custo do trabalho pretendido.

- **Instalação**

A estrutura base do sistema de monitorização consiste na instalação de contadores em locais distintos da unidade industrial, pelo que torna-se assim necessário que haja um meio de comunicação entre eles. Para garantir a flexibilidade e fácil integração do sistema ou dispositivos os módulos de comunicação deverão possuir um interface e protocolos de comunicação normalizados, possibilitando a ligações a dispositivos já existentes. Preferencialmente o padrão RS485 permite uma comunicação multiponto bastante robusta que tem vindo a ser muito utilizada na indústria em controlo de sistemas. O padrão RS485 pode chegar até uma distância de 1200 metros sem repetidores e apresenta como principais vantagens a flexibilidade de configuração e a possibilidade do utilizador definir, projetar e testar o seu próprio protocolo de comunicação [19 , 22].

5.3 Monitorização Energética

A monitorização de energia elétrica fornece informação detalhada que pode auxiliar a tomada de decisões que permitam obter uma utilização mais racional da energia. Atualmente, com a infraestrutura existente na empresa, não é possível saber em tempo real o consumo de cada equipamento de forma individual. A contagem de energia consumida é, neste momento, avaliada mensalmente a partir da fatura do fornecedor do serviço. É pretendida a instalação de aparelhos de medição de consumos que permita comunicação para uma base de dados, que proporcione informações ao nível do consumo energético.

Foram analisados os diversos equipamentos de forma a avaliar a possibilidades de possuírem dispositivos ou entradas USB que permitissem a integração no sistema, sem que para tal fosse necessário a aquisição de equipamento adicional. Verificou-se que não existia e optou

por se alocar em cada ponto de consumo/equipamento, os medidores instantâneos de consumo, que poderão ser posteriormente agrupados por áreas tipo.

5.3.1 Definição de pontos de monitorização

Para contabilização global de cada edifício foram definidos dois pontos de monitorização relativos aos quadros gerais de baixa tensão de cada edifício. Alguns equipamentos são constituídos por vários componentes que funcionam de forma coordenada entre si. O elevado número de equipamentos e os seus diferentes níveis de complexidade, implicou a definição dos seguintes critérios:

1. Relevância de consumo;
2. Possibilidade de monitorização e avaliação preventiva/manutenção;
3. Equipamentos em funcionamento 24 h.

Após análise da estrutura fabril definiram-se os seguintes pontos de leitura:

- Pré-Impressão
 - **EQPI: Computer to Plate (CTP)** - Sistema digital de gravação de chapas (edifício 2)
- Impressão
 - rotativa *heatset*
 - **EQHEAT1** - rotativa *heatset* comercial 16 páginas (edifício 1)
 - **EQHEAT2** - rotativa *heatset* comercial 48 páginas (edifício 2)
 - *folha-a-folha offset*
 - **EQOFF1**: Impressão folha-a-folha *offset* (edifício 1)
 - **EQOFF2**: Impressão folha-a-folha *offset* (edifício 1)
- Acabamentos
 - **EQACAB1** - Linha de revista (edifício 1)
 - **EQACAB2** - linha de revista (edifício 2)
 - **EQACAB3** - linha de brochar (edifício 2)
 - **EQACAB4** - Linha de brochar (edifício 2)
 - **EQACAB5** - linha de coser (edifício 2)

Além dos equipamentos acima definidos, foram considerados também equipamentos/sistema auxiliares ao processo produtivo:

- **Ar comprimido**

Nos diversos processos industriais, os sistemas de ar comprimido desempenham um papel fundamental e representam uma parcela significativa do consumo energético da instalação. É por isso imperativo a otimização do seu processo e a sua correta gestão e controlo, a fim de conseguir reduzir os custos energéticos. Apesar de os sistemas de ar comprimido geralmente corresponderem a cerca de 10% do consumo total de eletricidade industrial, este índice pode chegar a 40% das contas de energia em determinadas instalações industriais [23].

- **Sistema de frio**

Os sistemas de frio são essenciais em qualquer indústria ou edifício. Muitas operações industriais especializadas, intensivas consumidoras energéticas, dependem de sistema de frio para um controlo preciso do arrefecimento do processo e gestão climática [24].

- **Sistema de aspiração apara papel**

A operação de corte é responsável pela produção de um grande volume de papel. A este sistema, encontra-se associado um filtro de mangas, permitindo assim manter os equipamentos, produto e ambiente de trabalho limpos e um compactador que permite reduzir fortemente o volume de resíduos. [1]

5.3.2 Caracterização de pontos de medição

O crescimento tecnológico verificado nos últimos anos possibilitou o aparecimento de diversos dispositivos eletronicos, capazes de monitorizar a rede elétrica. Quando a corrente num circuito é demasiado elevada, a ponto de não se conseguir ligar diretamente dispositivos de medida, recorre-se à utilização de transformadores de corrente. Estes elementos produzem uma corrente mais baixa, diretamente propocional à corrente no circuito, permitindo assim a ligação do dispositivo de medição ou análise [19]. O transformador de corrente efetua a leitura de corrente e envia um sinal secundário para o contador, que assume a posição de “cérebro” do sistema.

A Figura 11 exemplifica um caso exemplo de colocação de transformadores de intensidade numa instalação elétrica.



Figura 11 - Transformadores de intensidade em quadro Climaespaço Central de Trigeração [Tecnoveritas].

Além de possuírem fiabilidade elevada, pondera-se a relação preço/qualidade/fiabilidade e no que se refere à implementação esta deve ser tão fácil quanto possível, de modo a que qualquer pessoa possa, após a primeira instalação, ser capaz de proceder a alterações e montagem, evitando custos adicionais com equipas externas especializadas, que, na maioria dos casos são bastante dispendiosas [22]. Para contornar esta situação, pretende-se que os transformadores de corrente a instalar sejam de núcleo abrível (*split core*), uma vez que não obrigam a uma interrupção do circuito e são de fácil instalação.

No estudo para colocação de contadores de energia elétrica, foram analisados os cabos pertencentes a cada disjuntor e as suas características:

- tipo;
- intensidade;
- dimensões.

A análise individual das características dos diversos pontos encontra-se descrita no Anexo 1. Além das características mencionadas, foi também efetuado um levantamento das associações das diversas partes dos equipamentos ao quadro respetivo (Anexos 2 e 3). A colocação de contadores em quadros específicos possibilita que o quadro geral não seja sobrecarregado, e permite uma análise mais objetiva e eficiente do equipamento pretendido. Na primeira abordagem ao problema, foi considerada a colocação de contadores apenas no quadro geral. Tornava-se mais complicado quer a nível de espaço, quer a nível de monitorização, uma vez que vários pontos de leitura estavam associados ao mesmo, e não faziam contagem a um só equipamento.

Numa análise mais atenta dos locais a medir, em duas situações em específico (para equipamento EQACAB2 e EQACAB4), constatou-se que apesar de cada componente do mesmo

Projeto de um Sistema de Monitorização Energética na empresa Lidergraf – Sustainable Printing
equipamento possuir o seu próprio disjuntor, aquando do funcionamento do equipamento, os diversos componentes destes funcionam de forma conjunta e dependente.



Figura 12 - Disposição de disjuntores para equipamento.

Os disjuntores encontram-se alinhados no mesmo quadro elétrico pelo que considerou-se a colocação de transformador de intensidade e respetivo contador no barramento final, o que permite não utilizar tantos contadores como seria necessário à partida.

Assim, verificou-se a seguinte situação:

- Para equipamento EQACAB2

Tabela 3 - Caracterização de pontos de leitura para EQACAB2.

Análise inicial					Após agregação				
Descrição	Quadro	Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)	Descrição	Quadro	Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)
Geral	Quadro geral 2 - Edifício 2	Cabo	64	8	Geral + Alceamento de encarte + Cintar + Empilhador	Quadro geral 2 - Edifício 2	Barramento	161	36 x 11
Alceamento de encarte		Cabo	40	8					
Cintar		Cabo	32	8					
Empilhador		Cabo	25	8					
Paletizador		Cabo	32	8	Paletizador		Cabo	32	8

Para o equipamento EQACAB2, um dos componentes de máquina não se encontrava alinhado com os restantes pelo que a contabilização energética deste será feita de forma individual, e não associada ao barramento como realizado para os outros pontos de leitura. Esta situação permitiu a redução de 5 para 2 contadores.

- Para equipamento EQACAB4

Tabela 4 - Caracterização de pontos de leitura para EQACAB4.

Análise inicial					Após agregação				
Descrição	Quadro	Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)	Descrição	Quadro	Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)
Geral	Quadro geral 2	Cabo	80	8	Geral + Primeiros alimentadores + Telas de transporte + Saída	Quadro geral 2 - Edifício 2	Barramento	40	8
Primeiros alimentadores		Cabo	40	8					
Telas de transporte	Edifício 2	Cabo	16	8					
Saída		Cabo	50	8					

Para o equipamento EQACAB4 todos os disjuntores associados aos componentes do equipamento encontram-se alinhados. A colocação no barramento permite a contabilização do consumo de todo o equipamento, e a diminuição de 4 para 1 contador apenas.

A integração realizada permitiu diminuir de 9 para 3 contadores. Como em ambos os casos se encontram no quadro geral 2 - edifício 2, torna-se uma enorme vantagem porque permite libertar algum espaço no quadro.

A instalação de aparelhos de monitorização e medição envolve, determinados investimentos iniciais que, com o avanço da tecnologia nesta área, se espera serem reduzidos [25]. Para permitir viabilizar a nível económico a implementação de contador no barramento em substituição do cabo de cada parte do equipamento, foi efetuada uma avaliação do potencial de poupança que se encontra nas Tabelas 5 e 6. Existem diversas marcas com equipamentos que permitem contabilizar o consumo, no entanto, foi dada preferência aos equipamentos da marca Circutor, uma vez que se tem mostrado muito fiáveis sem qualquer falha quer a nível de dados quer de alarmes [26]. Para a estrutura base de contador e transformador de intensidade foi utilizada a mesma marca de equipamento, pois permite a diminuição da possibilidade de incompatibilidades entre os diversos componentes necessários a avaliação do consumo.

Para efeitos de análise foi utilizado um sistema da marca Circutor. Nesta situação, cada transformador encontra-se associado a uma fase pelo que sendo um sistema trifásico em cada ponto de monitorização considerado torna-se necessário 3 transformadores de intensidade. Com diâmetros variáveis entre 20 e 80 mm e possibilidade de medição até 2000 A, é possível definir o transformador de intensidade que melhor se ajusta as características de cada ponto definido.

Com a instalação posterior da aplicação informática de monitorização, torna-se dispensável a utilização de contadores de energia com *display*, o que se torna uma enorme vantagem em termos de custo.

Consultando o portefólio de preços da marca [27, 28] realizou-se a análise apresentada nas Tabelas 5 e 6:

- Para equipamento EQACAB2

Tabela 5 - Análise de potencial de poupança para equipamento EQACAB2.

Análise Inicial					Após agregação				
Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)	Custo (€)		Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)	Custo (€)	
			TI's	Contador				TI's	Contador
Cabo	64	8	81,39	315,05	Barramento	161	36 x 11	95,01	315,05
Cabo	40	8	81,39	315,05					
Cabo	32	8	81,39	315,05					
Cabo	25	8	81,39	315,05					
Cabo	32	8	81,39	315,05	Cabo	32	8	81,39	315,05
TOTAL			406,95	1575,25	TOTAL			176,40	630,10

A agregação dos pontos de monitorização permite uma redução de cerca de 1176 € que representa uma redução de cerca de 59% em relação à colocação de contadores em todos os pontos analisados numa fase inicial.

- Para equipamento EQACAB4

Tabela 6 - Análise de potencial de poupança para equipamento EQACAB4.

Análise Inicial					Após agregação				
Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)	Custo (€)		Tipo	Intensidade (A)	Dimensões (mm)	Custo (€)	
			TI's	Contador				TI's	Contador
Cabo	80	8	81,39	315,05	Barramento	40	8	81,39	315,05
Cabo	40	8	81,39	315,05					
Cabo	16	8	81,39	315,05					
Cabo	50	8	81,39	315,05					
TOTAL			325,56	1260,20	TOTAL			81,39	315,05

A agregação dos pontos de monitorização permite uma redução de cerca de 1189 € que representa uma redução de cerca de 75% em relação à colocação de contadores em todos os pontos analisados numa fase inicial.

De forma global, e analisando estes pressupostos baseados no preço base de uma implementação de equipamentos de marca Circutor, ocorreria uma poupança de 2365 €.

Após as considerações e análises efetuadas foram definidos 27 pontos de monitorização, que englobam não só a contabilização de consumos energéticos de eletricidade a nível global da instalação (através de análise do Quadro Geral de Baixa Tensão (Q.G.B.T.) de cada edifício),

Projeto de um Sistema de Monitorização Energética na empresa Lidergraf – Sustainable Printing
como a nível das secções e equipamentos mais importantes da instalação. A Tabela 7
apresenta a caracterização relativa aos diversos pontos considerados.

Tabela 7 - Caracterização de pontos de monitorização de energia elétrica.

Contador	Equipamento	Descrição	Quadro	Intensidade (A)	TI's	Diâmetros (mm)
1	EQHEAT1	Geral (sem iluminação da cabine, com linha de saída, estufa e ventilador)	Quadro geral - edifício 1	720	Cabo	24*2
2	EQHEAT1	Estufa	Q.G.M. - edifício 1	352	Cabo	16*2
3	EQHEAT2	Máquina e desenrolador	Quadro geral 1 - edifício 2	800	Cabo	25*2
4	EQHEAT2	Estufa	Quadro geral 1 - edifício 2	360	Cabo	20
5	EQHEAT2	Sistema de frio	Quadro geral 1 - edifício 2	567	Cabo	25
6	EQHEAT2	Bombas	Quadro geral 1 - edifício 2	63	Cabo	8
7	EQHEAT2	Saída	Quadro geral 1 - edifício 2	100	Cabo	8
8	EQACAB3	Sistema de aspiração	Quadro geral 2 - edifício 2	250	Cabo	15
9	EQACAB3	Geral	Quadro geral 1 - edifício 2	400	Cabo	22
10	EQACAB2	Geral + Encarte + Cintar + Empilhador	Quadro geral 2 - edifício 2	161	Barramento	36*11
11	EQACAB2	Paletizador	Quadro geral 2 - edifício 2	32	Cabo	8
12	EQACAB4	Geral + Alceadora (primeiros alimentadores) + Telas de transporte + Guilhotina	Quadro geral 2 - edifício 2	40	Barramento	8
13	EQACAB5	Geral	Quadro geral 2 - edifício 2	25	Cabo	8
14	EQOFF1	Geral	Quadro geral 1 - edifício 1	504	Cabo	26
15	EQOFF2	Geral	Q.P. 1 - edifício 1	250	Cabo	15
16	EQOFF2	Estufa	Q.P. 1 - edifício 1	250	Cabo	15
17	EQOFF2	Sistema de refrigeração e controle da molha	Q.P. 1 - edifício 1	50	Cabo	5

18	EQPI	Geral	Quadro geral 2 - edifício 2	80	Cabo	13
19	Ar comprimido	---	Q.P. 4 - edifício 1	372	Cabo	22
20	Sistema de frio	Geral	Quadro geral 1 - edifício 1	320	Cabo	20
21	Ar comprimido	---	Quadro geral 1 - edifício 2	567	Cabo	25
22	Sistema de aspiração	Geral (Sem compactadores e sem EQHEAT1)	0349 - Edifício 1	250	Cabo	16
23	Sistema de aspiração	Geral	Quadro geral 1 - edifício 2	250	Cabo	12
24	EQACAB1	Geral	Q.P. 4 - edifício 1	250	Cabo	12
25	EQACAB1	Geral	Q.P. 4 - edifício 1	80	Cabo	7
26	Q.G.B.T.	---	Edifício 1	2000	Barramento	80 x 50
27	Q.G.B.T.	---	Edifício 2	4000	Barramento	26

- Monitorização de consumo de gás natural

A implementação de um sistema de monitorização para consumo de gás natural é um processo mais demorado e complexo. O estudo das diversas soluções e respetivos cenários de implementação obedeceram sempre à realidade e aos pressupostos necessários às atividades produtivas.

Numa primeira abordagem foi analisada a rede de gás natural existente na empresa (Anexo 5) e quais os pontos de monitorização a considerar que permitissem contabilizar o consumo de gás natural em cada ponto específico da instalação e a facilidade de deteção de fugas de gás.

A instalação de gás natural tem início no P.R.M., derivando posteriormente para o Edifício 1 e Edifício 2. À entrada de cada edifício, deriva novamente em ramais onde se faz a distribuição para os diferentes pontos a alimentar (estufas de rotativas *heatset* e caldeiras em cada edifício). Esta situação encontra-se esquematizada na Figura 13.

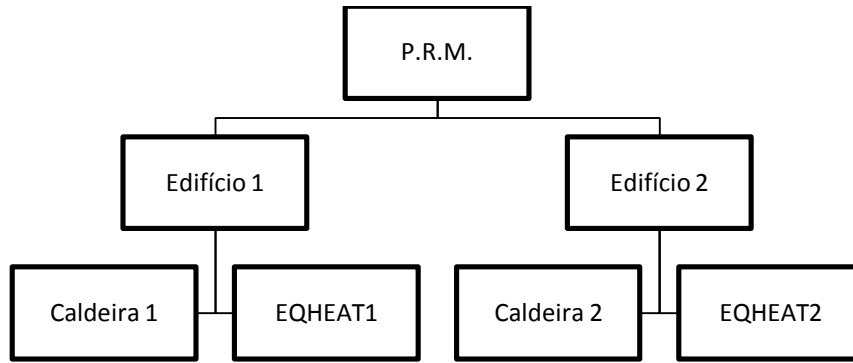


Figura 13 - Distribuição esquemática da rede de gás natural na Lidergraf - Sustainable Printing.

A contabilização dos consumos de gás natural efetua-se de forma manual através de leitura dos contadores do P.R.M. e dos instalados nos ramos de fornecimento de gás natural as estufas das rotativas *heatset*. O valor do P.R.M. é posteriormente confirmado com a fatura mensal do fornecedor. Esta solução manual não se torna prática, pois exige pessoal dedicado ao “percurso” dos contadores, que registem leituras e posteriormente as introduzam numa aplicação informática para análise. Desta forma, o sistema idealizado para futura implementação, permite que esta tarefa seja realizada de forma automática, com a frequência desejada e sem erros de leitura ou análise, tornando assim a monitorização de consumos mais rápida, simples, económica e eficaz [29].

Foram estabelecidas diversas hipóteses para monitorização de consumo de gás natural que se encontram definidas na Tabela 8.

Tabela 8 - Opções de monitorização de consumo de gás natural.

Opção	Descrição
A	- 2 Contadores novos: Geral edifício 1 Geral edifício 2 - 2 Contadores integrados: EQHEAT1 EQHEAT2
B	- 2 Contadores novos: Caldeira edifício 1 Caldeira edifício 2 - 2 Contadores integrados: EQHEAT1 EQHEAT2
C	Integrar contadores existentes - EQHEAT1, EQHEAT2
D	4 Contadores novos: Caldeira edifício 1 Caldeira edifício 2 EQHEAT1 EQHEAT2
E	4 Contadores novos: Geral edifício 1 Geral edifício 2 EQHEAT1 EQHEAT2
F	4 Contadores novos: Geral edifício 1 Geral edifício 2 Caldeira edifício 1 Caldeira edifício 2

- **Caracterização dos pontos de monitorização**

Para os diversos pontos de leitura foi realizada uma análise às suas características, nomeadamente (Tabela 9):

- Diâmetro da Tubagem;
- Pressão da rede;
- Caudal.

Tabela 9 - Caracterização de pontos de monitorização de consumo de gás natural.

	Diâmetro tubagem		Pressão (bar)	Caudal (m³/h)	
	Polegadas	DN		Mínimo	Máximo
Edifício 1	2"	50	0,30	5	100
Caldeira 1	1"	25	0,36	---	2
EQHEAT1	2"	50	0,31	5	100
Edifício 2	4"	100	0,30	13	250
Caldeira 2	1"	25	0,31	---	2
EQHEAT2	3"	80	0,30	13	250

A informação recolhida, além de proporcionar um conhecimento mais detalhado da rede de gás natural, são requisitos essenciais para o dimensionamento de contadores de gás natural.

Inicialmente foi considerada a integração no sistema de monitorização de dois contadores de gás natural já existentes na empresa associados ao fornecimento de gás natural às estufas das rotativas *heatset*. A Tabela 10 apresenta a descrição geral dos equipamentos e as características mais detalhadas do equipamento encontram-se descritas no Anexo 4.

Tabela 10 - Contadores existentes na empresa.

Edifício	Equipamento	Especificação/Características
1	EQHEAT1	Elster-Instromet (QA 65 50 Z)
2	EQHEAT2	Elster-Instromet (QA 180 80 Z1)

Desta forma, a plataforma permitiria integrar em simultâneo os contadores novos e já existentes na instalação rentabilizando desta forma investimentos já realizados.

Através da análise das fichas técnicas dos contadores e consulta da empresa SOPORGÁS, questionou-se a possibilidade de incorporação destes contadores num sistema de monitorização. Conclui-se que é viável a incorporação num sistema de monitorização, uma vez que apresenta uma ligação no totalizador, a partir da qual será disponibilizado o sinal.



Figura 14 - Contador de gás natural existente.

Os contadores de gás natural presentes em ambas as rotativas apresentam características muito semelhantes. Por observação da Figura 14 é possível reconhecer a ligação que se encontra ligada ao painel do equipamento rotativa *heatset* (ligação inferior) e a superior que permitiria a disponibilização do sinal para o sistema de monitorização.

Após contacto com algumas empresas de fornecimento/instalação de sistemas de monitorização, verificou-se que efetivamente existem plataformas abertas nas quais é possível a incorporação de contadores de gás natural já existentes na unidade industrial, no entanto, em algumas é exigido um certificado de calibração dos respetivos contadores. Nesta situação em específico, sendo equipamentos de laboração contínua (EQHEAT1 e EQHEAT2) torna-se inviável a extração do contador sem comprometimento do normal funcionamento do equipamento, uma vez que em ambas as situações o contador existente encontra-se ligado ao painel do equipamento, funcionando como válvula de controlo para o sistema “*afterburning*”, sendo a informação por ele disponibilizada fundamental para o normal funcionamento do equipamento.

Tendo em conta esta situação e prevendo situações futuras nas quais seja necessário efetuar calibração do contador de gás natural, pretende-se que aquando a intervenção na rede de gás natural para colocação de novo contador, seja realizado um *bypass*, como sugere a Figura 15. Esta situação, caso fosse necessário extração do contador para calibração, permitia não comprometer a alimentação de gás natural, através do recurso a válvulas (assinaladas a vermelho na figura).

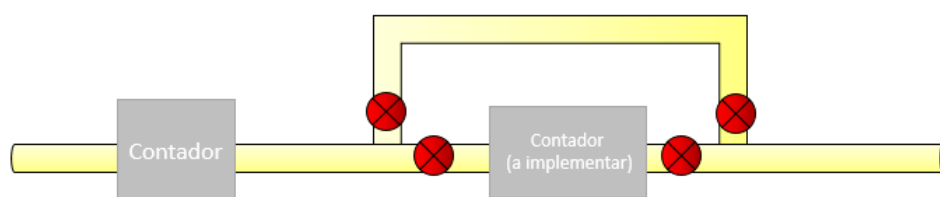


Figura 15 - Esquema exemplificativo de realização de bypass (na situação de estufa).

Análise económica

Conforme verificado na Tabela 9 a variação de pressão na rede nos pontos de leitura/monitorização considerados não é significativa. Desta forma, esta variável não se torna tão decisiva no dimensionamento de contador de gás natural. Para efeito de análise de custo, foi contactada a empresa SOPORGÁS que forneceu o valor para contadores tendo em conta os requisitos da Tabela 6. Os contadores, à semelhança dos já existentes na instalação, são da marca Elster-Instromet. Os valores para contadores de gás natural apresentados na Tabela 11 são assim mais dependentes quer do caudal, quer do diâmetro da tubagem.

Tabela 11 - Custo de contadores para monitorização de gás natural.

Opção de monitorização	Custo (€)
A	2033
B	156
C	----
D	2189
E	4066
F	2189

Para opções em que contempla contador para caldeiras, torna-se necessário a associação de emissor de impulsos. Nos contadores de início de edifícios e estufas, estes já completam emissão de impulsos.

Tendo em conta as determinantes referidas, realizou-se uma observação mais concreta dos pontos de leitura/monitorização, fazendo um balanço entre impacto na empresa e custo.

Relativamente às opções consideradas (Tabela 8) é possível dividir em duas partes, sendo que de A a C contempla a integração de infraestrutura existente e de D a F seria necessário a aquisição de novos equipamentos de contagem. Analisando a relação aplicabilidade/impacto na empresa/custo as opções A, B e C tornam-se mais adequadas, uma vez que, permitem a integração e rentabilização de infraestruturas existentes na empresa. No entanto, a opção C que não seria mais que a integração dos contadores existentes não permite uma rastreabilidade tão significativa da rede de gás natural relativamente às opções anteriores. Além disso, apresentam um custo inferior do conjunto de opções consideradas. Uma vez que as opções D a F resultariam de aquisição e implementação de novos contadores, o preço base é significativamente superior às opções A a C. Qualquer das opções permitiria uma rastreabilidade mais significativa da rede de gás natural. De todas as opções, a designada por E não seria implementável do ponto de vista económico, sendo que a C seria a mais económica. No entanto, como se pretende não só contabilizar mas efetuar uma rastreabilidade da rede de gás natural, esta não seria uma opção a implementar, uma vez a relação custo/aplicabilidade é elevada. Globalmente optar-se-ia assim a opção B.

- Integração de P.R.M.

Para conhecimento mais efetivo do consumo de gás natural, validação de dados e rastreabilidade superior, considerou-se ainda a integração do P.R.M. no sistema, em complementaridade de uma das soluções definidas na Tabela 13, tendo sido solicitado à entidade distribuidora de gás natural a disponibilização do sinal de medição de volume do contador do P.R.M.. O valor relativo à disponibilização do sinal é de 700 euros acrescidos de IVA, que incluem material e serviço de instalação. Devido ao custo associado e à logística necessária à sua concretização, nesta fase não se considerou decisiva esta situação.

6 Análise de Propostas

Com a informação recolhida, e definidos critérios específicos de implementação, foi elaborado um caderno de encargos, como documento base de referência uma vez que é uma ferramenta que permite agilizar e dar início a todo o processo de forma mais simples.

Este documento especificou os requisitos e objetivos a ser tido em conta pela entidade prestadora de serviço. Foram pedidas propostas para o sistema a vários fornecedores, pois soluções diferem bastante entre si e permitir fazer decisão baseada nas necessidades da empresa.

- **Proposta A**

Abordagem

- Por *email* e visita técnica às instalações

Características gerais:

- Não-*wireless*
- Apenas monitorização (sem controlo)
- Projeto chave na mão

Esquema tipo de instalação:

São propostos analisadores sem *display* para avaliação dos pontos de monitorização de maior consumo. Foi sugerido para avaliação de consumo global, nos Q.G.B.T., analisadores com *display*, que seriam integrados em estrutura já existente nesses pontos. Uma vez que possui *display* local permite a visualização dos parâmetros, tendo como principal vantagem o facto de ser possível ter os dados de consumo global disponíveis no local facilitando a manutenção.

Os analisadores de energia são alocados nos diversos quadros considerados e ligados a conversor, que passará a usar a rede Ethernet local. Foram considerados dois conversores (um para cada edifício) e ainda 2 concentradores de impulsos, que adquirem os impulsos dos contadores de gás natural de caldeiras e estufas. O sistema foi dimensionado e estruturado de forma a permitir uma futura expansão, podendo agregar os consumos de outros setores, ou de outras formas de energia.

Características de aplicação informática:

- Possibilidade de inserir variáveis externas de produção dos diferentes setores/equipamentos para cálculo automático dos consumos específicos de cada setor ou possibilidade de introdução automática caso a produção seja guardada em bases de dados com estrutura SQL

Cablagem:

- Cabo blindado para transmissão de dados e sinais analógicos e digitais, direcionado para situações de potencial elevado de interferências elétricas e eletromagnéticas;
- Cabo para redes de comunicação que permite melhorias em termos de performance e de ruído nas linhas de transmissões evitando perda de tramas ou pacotes na rede.

Exclusões:

- Fornecimento e instalação de caminho de dados
- Rede de internet no local da instalação
- Trabalhos de construção civil

- **Proposta B**

Abordagem

- Por *email* e visita técnica às instalações

Características gerais

- *Wireless*
- Apenas monitorização (sem controlo)
- Projeto com pagamento de valor inicial e posterior pagamento mensal de valor por ponto de monitorização

Esquema tipo de instalação:

- Para instalação de equipamentos de medição recorre à utilização de quadros auxiliares aos existentes. Esta situação permite não sobrecarregar os quadros com a instalação dos equipamentos de medida. Existe uma exceção relativa ao Q.G.B.T. 1 e Q.G.M., em que é dada preferência à colocação dos contadores de energia, que serão ligados através de ligação RS485 do quadro auxiliar ao quadro geral existente (devido à proximidade dos três quadros)

Exclusões:

- Contadores de gás natural e equipamentos complementares
- Fornecimento e instalação de caminho de dados
- Trabalhos de construção civil

Tabela 12 - Análise comparativa de propostas.

Critérios	Proposta A	Proposta B
Tipo de sistema	Não-wireless	Wireless
Monitorização e controlo	Apenas monitorização	Apenas monitorização
Monitorização energia elétrica	A instalação de equipamentos de medição é efetuada em quadros existentes Contadores com e sem <i>display</i>	A instalação de equipamentos de medição é efetuada em quadros auxiliares aos existentes (com exceção do Q.G.B.T. 1 e Q.G.M.) Contadores com e sem <i>display</i>
Monitorização gás natural	Caldeiras e estufas das rotativas <i>heatset</i>	Caldeiras e estufas das rotativas <i>heatset</i>
	Proposta inclui fornecimento e instalação de contadores assim como de todos os componentes necessários (válvulas, tubagem, emissores de impulsos)	Fornecimento e instalação de contadores e todos os componentes necessários para quantificação do consumo das caldeiras a cargo da Lidergraf - Sustainable Printing
Condições de pagamento	Projeto chave-na-mão	Pagamento inicial de sistema + mensalidade (calculado com base num valor específico por ponto de monitorização)
Expansão	Possibilidade de expansão	Possibilidade de expansão

7 Conclusões

Este trabalho visou o projeto de um sistema de monitorização de energia na empresa Lidergraf - Sustainable Printing. Numa primeira fase foram identificados os pontos de monitorização que permitissem seguir detalhadamente os consumos de energia dos principais equipamentos. Após análise de mercado, foi definido que o sistema não-*wireless* seria mais fiável, e que não seria necessário um sistema com controlo de operações. A análise de consumos energéticos identificou três áreas essenciais a intervir: pré-impressão, impressão e acabamentos. Além disso, foram consideradas ainda as estruturas complementares ao processo produtivo.

Na vertente de monitorização de consumos de energia elétrica, foi analisada a estrutura e associação de equipamentos aos respetivos quadros na instalação e a caracterização de cada ponto. Além disso, foi verificada a possibilidade de associação de vários componentes do mesmo equipamento num só contador, reduzindo assim não só a nível de estrutura física, como uma redução do custo. Relativamente à monitorização de gás natural, foi numa primeira fase analisada toda a rede existente, estipuladas as opções de monitorização, a verificação dos contadores de gás natural existentes e a possibilidade de integração num sistema de monitorização.

Após este estudo, foi elaborado um caderno de encargos, que permitiu agilizar o processo, e enviar às empresas selecionadas. As propostas recebidas foram analisadas e foi encontrada a mais adequada face aos requisitos estabelecidos.

7.1 Objetivos Realizados

Relativamente ao projeto inicial, foi realizado um estudo mais detalhado para mapeamento dos pontos de monitorização, tendo sido introduzida a monitorização de consumo de gás natural. Verificou-se ainda que alguns pontos encontravam-se erradamente caracterizados, assim como a associação destes ao respetivos quadros elétricos.

Considerando os requisitos e expectativas da Lidergraf - Sustainable Printing e após análise de propostas, conclui-se que a proposta designada por A vai de encontro ao definido relativamente à B, uma vez que objetivo principal é a aquisição de sistema que permita futuramente o tratamento de dados de forma interna, para correlação com valores de produção. Assim na análise de propostas e sua comparação, torna-se decisivo o facto de ser não-*wireless*, projeto chave-na-mão e ser compatível com SQL.

A empresa que apresentou a proposta A já havia sido contactada, para orçamentação de um sistema monitorização de apenas energia elétrica. O valor de orçamento para sistema era

1400 euros superior ao registado atualmente, em que se insere também monitorização de consumo de gás natural em 4 pontos da instalação.

7.2 Limitações e Trabalho Futuro

Além das empresas relativas às propostas A e B, foram contactadas mais duas empresas que até à data de término do projeto, ainda não haviam efetuado visita técnica e/ou enviado as respetivas propostas. Para trabalho futuro, a análise de propostas em falta e comparação com existentes, para avaliação mais detalhada de qual se adequa aos requisitos e estrutura da Lidergraf - Sustainable Printing,

Referências

- [1] Lidergraf - Sustainable Printing: Manual da empresa, 2014.
- [2] Apcer - <http://www.apcer.pt/intro/index.html> 2014 (acedido em Abril de 2014)
- [3] Apigraf - <http://www.apigraf.pt/> 2014 (acedido em Abril de 2014)
- [4] Lidergraf - Sustainable Printing: Relatório de Execução e Progresso 2013. Março 2014
- [5] Lidergraf - Sustainable Printing: Relatório Ambiental Anual 2013
- [6] Ágora Systems - <http://www.agora-systems.com/agora/docs/18748/36782-1.pdf> 2014 (acedido em Junho de 2014)
- [7] Fonte, D. F. *Sistemas de deteção de eventos anómalos no padrão do consumo*. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.
- [8] E. Bastos, A. Cruz, P.D. Silva, P.D. Gaspar Caracterização dos consumos de energia elétrica dos sistemas de refrigeração de empresas no setor agroindustrial - Beira Interior Norte. *ICEUBI 2013, International Conference on Engineering - Engineering for Economic Development, Covilhã, Portugal, Novembro 2013*.
- [9] Eficiência energética - monitorização e análise do consumo energético de edifícios; Monitorização e Controlo de Energia de forma simples e eficaz (Siemens) http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/04_20120511_gneves_759569484fb288f5cc0b1.pdf (acedido em Fevereiro de 2014)
- [10] ISA - Intelligent Sensing Anywhere - <http://www.isasensing.com/pt/> 2014 (acedido em Maio de 2014)
- [11] ITChannel - *Controlo e monitorização: Argumentos que vendem*. <http://itchannel.pt/article.php?a=12627#.U7I3lPldX3R> 2014 (acedido em Abril de 2014)
- [12] Alves, H. F. S. *Levantamento do Consumo Energético de Unidade Industrial*. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.
- [13] Fórum para a Eficiência Energética na Industria (<http://forumefinerg.aeportugal.pt/viewtopic.php?f=24&t=4>) 2014 (acedido em Fevereiro de 2014)
- [14] Tecnoveritas - <http://www.tecnoveritas.net/pt/index.php> 2014 (acedido em Abril de 2014)
- [15] Eneida - <http://www.eneida.pt/?lang=pt> 2014 (acedido em Abril de 2014)

- [16] Amaral, M. F. L. *Monitorização da Eficiência de Energia e Fluidos na Produção Têxtil*, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009
- [17] DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia (<http://www.dgeg.pt/>) (acedido em Abril de 2014)
- [18] Auditoria Energética - SGCIE (Novembro 2011)
- [19] Jorge, A. F. P. *Eficiência energética - Sistema de Comunicação para Monitorizar Consumos de Energia*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2010.
- [20] Selmatron <http://www.selmatron.pt/pt/novidades/nestle-acquire-licenca-eminus> 2014 (acedido em Abril de 2014)
- [21] Burgoseletronica - <http://www.burgoseletronica.net/2014> (acedido em Maio de 2014)
- [22] Araújo, J. C. D. A. Sistema de aquisição e monitorização de dados para indústria alimentar e laboratorial. Tese de Mestrado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, Portugal, 2012
- [23] Atlas Copco - [http://www.atlascopco.com/microsites/images/ac_co2zeronext_brochure_brpt_lr\[2\]_tcm757-1324420.pdf](http://www.atlascopco.com/microsites/images/ac_co2zeronext_brochure_brpt_lr[2]_tcm757-1324420.pdf) 2014 (acedido em Fevereiro de 2014)
- [24] Daikin - <http://www.daikin.pt/industrial/needs/process-cooling/chillers/> 2014 (acedido em Maio de 2014)
- [25] Paula, J. A. E. S. As TIC na promoção da eficiência energética industrial. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2010
- [26] Fórum para a eficiência energética na Indústria - <http://forumefinerg.aeportugal.pt/>
- [27] Catalogo Circutor - <http://issuu.com/popvideo/docs/circutor-2013> (acedido em Junho de 2014)
- [28] Mercantil elétrico <http://www.mercantilelectrico.com/index.php?link=cesta> (acedido em Junho de 2014)
- [29] Matos, J. F. M. P. M. Caracterização do Perfil Energético da SONAFi - Soc. Nacional de Fundição Injectada, S.A. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011

Anexo 1 Caracterização de pontos de monitorização para edifícios 1 e 2

Tabela 13 - Caracterização de pontos de monitorização.

Equipamento		Descrição	Quadro	Intensidade (A)	TI's	Diâmetros (mm)
1	EQHEAT1	Geral (sem iluminação da cabine, com linha de saída, estufa e ventilador)	Quadro geral - edifício 1	720	Cabo	24*2
2	EQHEAT1	Estufa	Q.G.M. - edifício 1	352	Cabo	16*2
3	EQHEAT2	Máquina e desenrolador	Quadro geral 1 - edifício 2	800	Cabo	25*2
4	EQHEAT2	Estufa	Quadro geral 1 - edifício 2	360	Cabo	20
5	EQHEAT2	Sistema de frio	Quadro geral 1 - edifício 2	567	Cabo	25
6	EQHEAT2	Bombas	Quadro geral 1 - edifício 2	63	Cabo	8
7	EQHEAT2	Saída	Quadro geral 1 - edifício 2	100	Cabo	8
8	EQACAB3	Sistema de aspiração	Quadro geral 2 - edifício 2	250	Cabo	15
9	EQACAB3	Geral	Quadro geral 1 - edifício 2	400	Cabo	22
10	EQACAB2	Geral	Quadro geral 2 - edifício 2	64	Cabo	8
11	EQACAB2	Encarte	Quadro geral 2 - edifício 2	40	Cabo	8
12	EQACAB2	Paletizador	Quadro geral 2 - edifício 2	32	Cabo	8
13	EQACAB2	Cintar	Quadro geral 2 - edifício 2	32	Cabo	8
14	EQACAB2	Empilhador	Quadro geral 2 - edifício 2	25	Cabo	8
15	EQACAB4	Geral	Quadro geral 2 - edifício 2	80	Cabo	8

16	EQACAB4	Alceadora (primeiros alimentadores)	Quadro geral 2 - edifício 2	40	Cabo	8
17	EQACAB4	Telas de transporte	Quadro geral 2 - edifício 2	16	Cabo	8
18	EQACAB4	Guilhotina	Quadro geral 2 - edifício 2	50	Cabo	8
19	EQACAB5	Geral	Quadro geral 2 - edifício 2	25	Cabo	8
20	EQOFF1	Geral	Quadro geral 1 - edifício 1	504	Cabo	26
21	EQOFF2	Geral	Q.P. 1 - edifício 1	250	Cabo	15
22	EQOFF2	Estufa	Q.P. 1 - edifício 1	250	Cabo	15
23	EQOFF2	Sistema de refrigeração e controle da molha	Q.P. 1 - edifício 1	50	Cabo	5
24	EQPI	Geral	Quadro geral 2 - edifício 2	80	Cabo	13
25	Ar comprimido	---	Q.P. 4 - edifício 1	372	Cabo	22
26	Sistema de frio	Geral	Quadro geral 1 - edifício 1	320	Cabo	20
27	Ar comprimido	---	Quadro geral 1 - edifício 2	567	Cabo	25
28	Sistema de aspiração	Geral (Sem compactadores e sem EQHEAT1)	0349 - Edifício 1	250	Cabo	16
29	Sistema de aspiração	Geral	Quadro geral 1 - edifício 2	250	Cabo	12
30	EQACAB1	Geral	Q.P. 4 - edifício 1	250	Cabo	12
31	EQACAB1	Geral	Q.P. 4 - edifício 1	80	Cabo	7

Anexo 2 Edifício 1

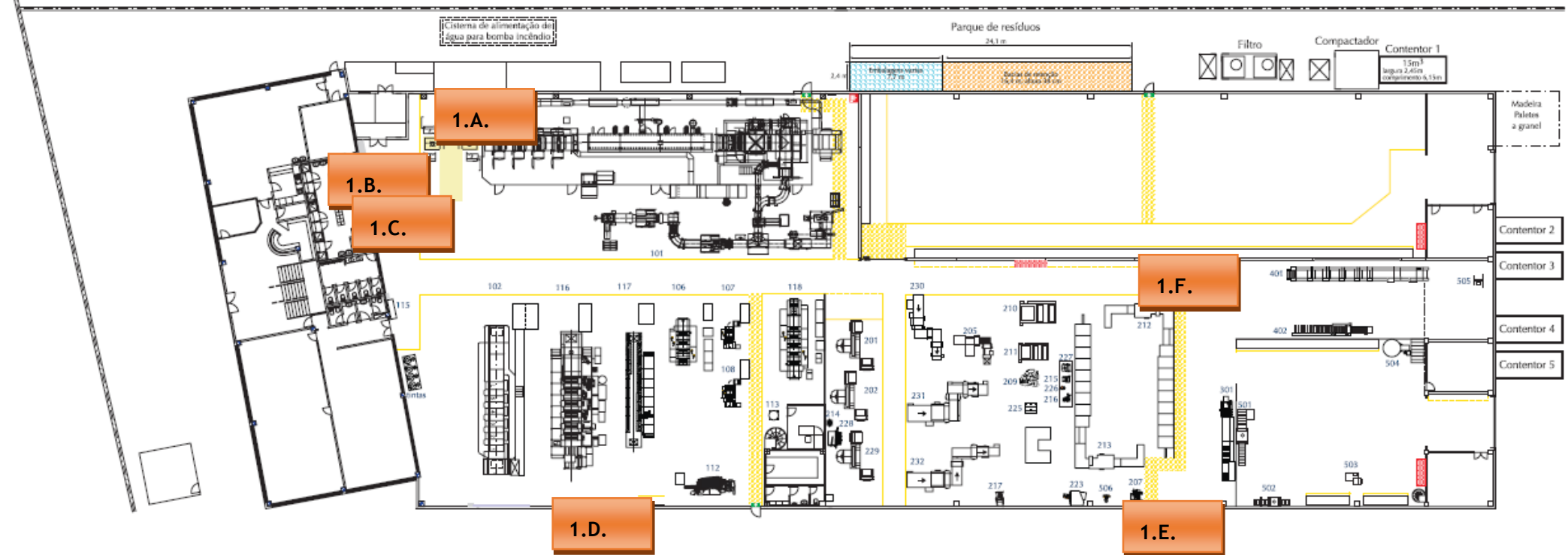


Figura 16 - Identificação de quadros elétricos associados aos pontos de monitorização no edifício 1.

Legenda:

1.A. - Q.G.M.

1.B. - Quadro geral 1

1.C. - Q.G.B.T. 1

1.D. - Q.P. 1

1.E. - Q.P. 4

1.F. - 0349

Anexo 3 Edifício 2

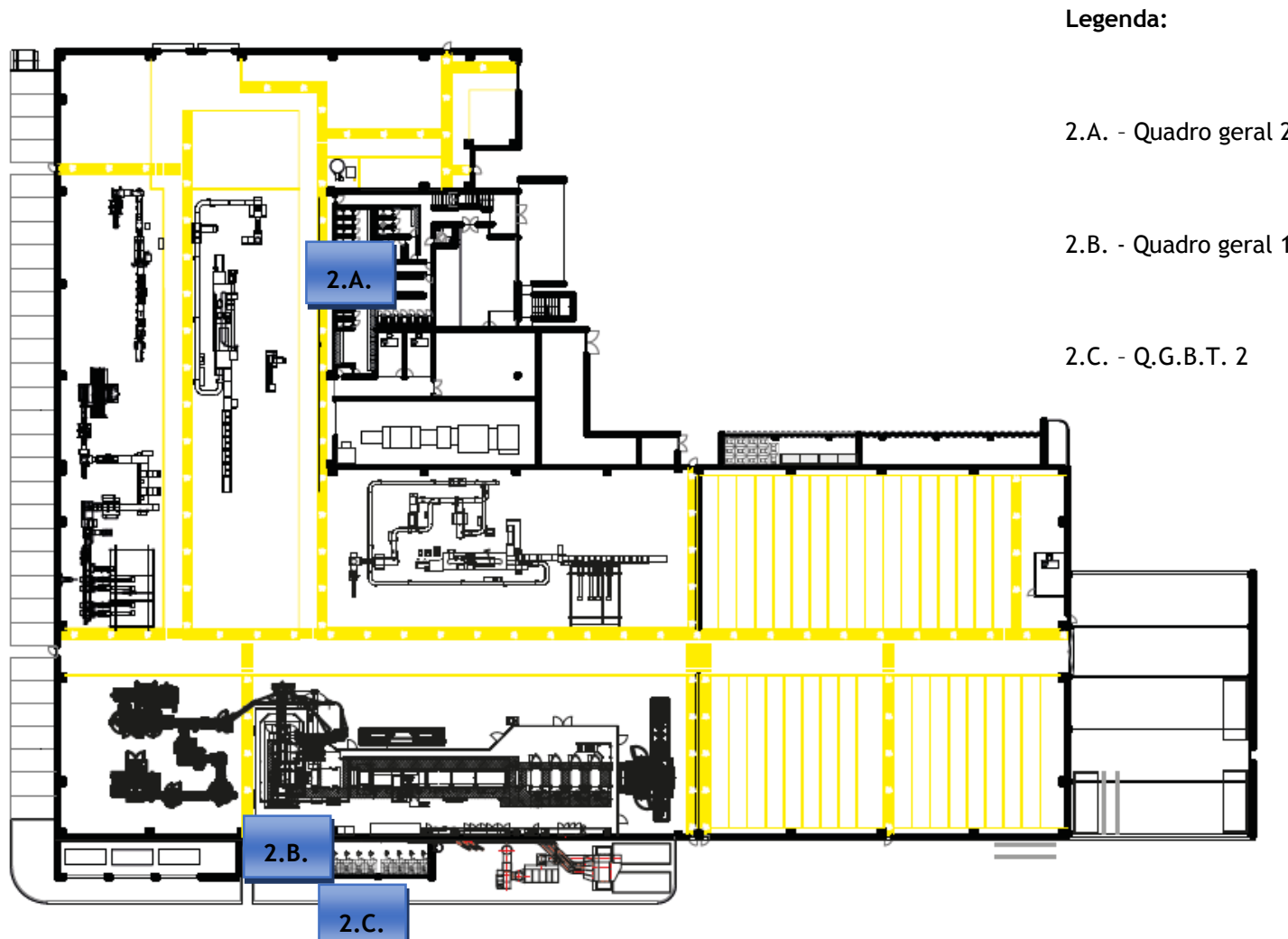


Figura 17 - Identificação de quadros elétricos associados aos pontos de monitorização no edifício 2.

Anexo 4 Ficha de caracterização de contadores de gás existentes

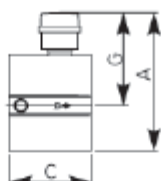
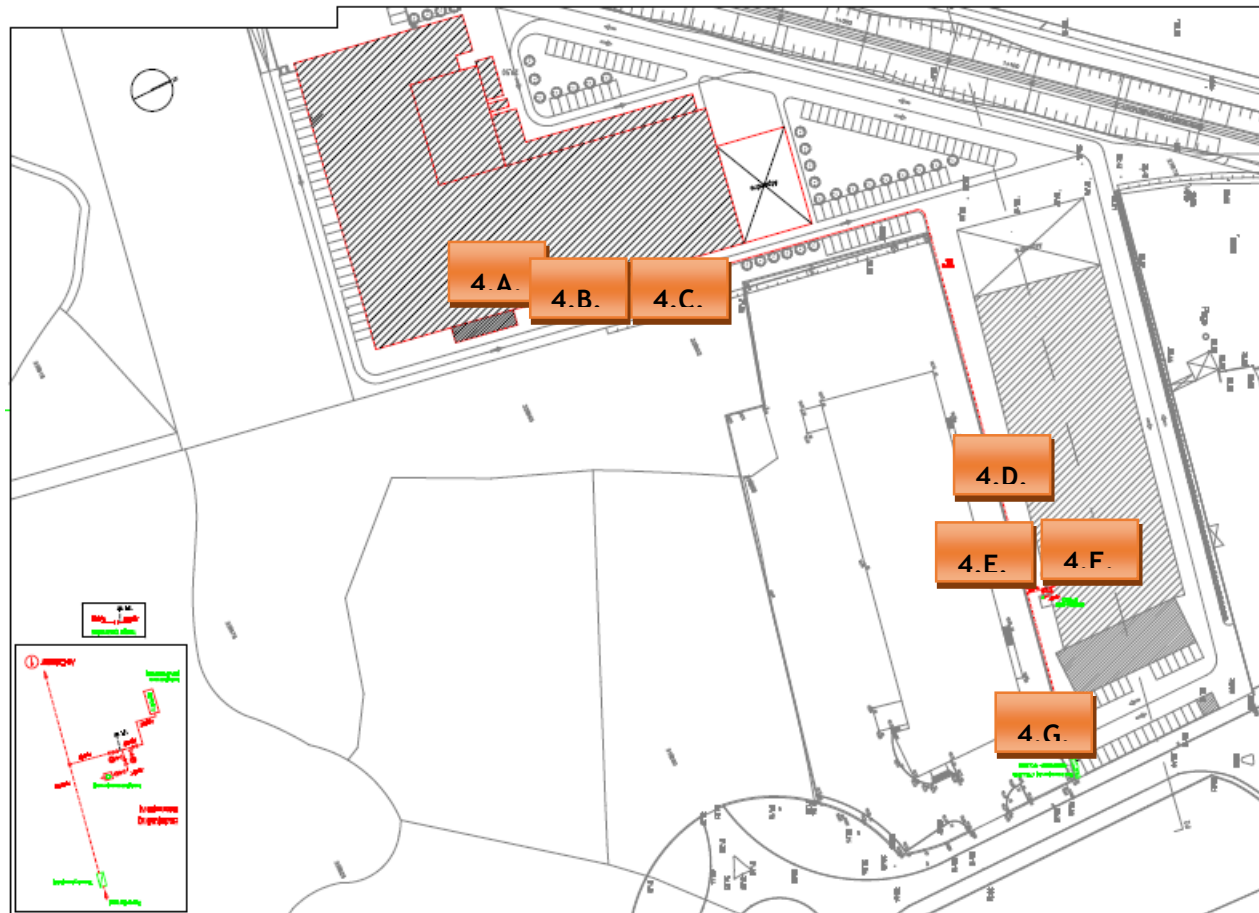
Dados Técnicos		
		QA/e 65 - QA/e 1000 Z I 
Pressão Média / Máxima	Gases combustíveis	20 bar (QAe 4 bar)
	Ar, gases não agressivos, gases inertes	20 bar
Medição	Intervalo de medição m³/h	QA/e 65 DN 50: 6 - 100 QA/e 100 DN 80: 10 - 160 QA/e 160 DN 80: 13 - 250 QA/e 250 DN 100: 20 - 400 QA/e 400 DN 100: 32 - 650 QA/e 400 DN 150: 32 - 650 QA/e 650 DN 150: 50 - 1000 QA/e 1000 DN 150: 80 - 1600
	Erro max. $0,1 Q_{max} - 0,2 Q_{max}$	
	Erro max. $0,2 Q_{max} - Q_{max}$	
Corpo	Material	
	Diâmetro nominal DN mm	50 80 100 150
	"	2" 3" 4" 6"
	Dimensões A * mm	202 225 245 300
	C mm	60 120 150 180
	C1 mm	- - - -
	G * mm	150 150 165 190
Saídas / Emissores impulsos	Peso kg	1,4 5,3 6,8 11,4
	Montagem	Ligações entre flanges PN 10/16 (DIN EN 1092-1) ou ANSI 150
	Contacto Baixa Frequência Tipo LF E1	1 imp/m³
	Contacto proximidade indutivo Tipo MF E200	QA 65 : 250 imp/m³ QA 100 - 650: 187,5imp/m³ QA/e 100-1000: 187,5imp/m³

Figura 18 - Ficha técnica de contadores de gás natural existentes.

Fonte

<http://docuthek.kromschroeder.com/documents/index.php?folder=400065&lang=de&menuid=29&selclass=&sellang=&topmenu=0>

Anexo 5 Rede de gás natural



Legenda:

4.A. - EQHEAT2

4.B. - caldeira 2

4.C. - Geral edifício 2

4.D. - EQHEAT1

4.E. - caldeira 1

4.F. - Geral edifício 1

4.G. - P.R.M.

Figura 19 - Localização de pontos de monitorização de gás natural.